



TUGAS AKHIR (MO 141326)

**STUDI EKSPERIMEN *BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT*
AKIBAT VARIASI TINGGI DAN PERIODE GELOMBANG
PADA GELOMBANG *IRREGULAR***

OLEH :

A. HARIS FATTAH

NRP 4310100095

Dosen Pembimbing

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D

Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



FINAL PROJECT (MO 141326)

EXPERIMENTAL STUDY OF BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT DUE TO WAVE HIGH AND PERIOD UNDER IRREGULAR WAVE

A. HARIS FATTAH

NRP 4310100095

Supervisors

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D

Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015

**STUDI EKSPERIMEN *BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT*
AKIBAT VARIASI TINGGI DAN PERIODE GELOMBANG
PADA GELOMBANG *IRREGULAR***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

A. HARIS FATTAH
NRP. 4310 100 095

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D..... (Pembimbing 1)
2. Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D..... (Pembimbing 2)



SURABAYA, JANUARI 2015

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Ucapan terima kasih pun sepatutnya penulis berikan kepada Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D dan Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D , selaku dosen pembimbing yang selalu menuntun dan mengarahkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Sarjana Strata-1 (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tugas Akhir yang berjudul **“STUDI EKSPERIMEN *BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT* AKIBAT VARIASI TINGGI DAN PERIODE GELOMBANG PADA GELOMBANG *IRREGULAR*”** ini melakukan analisa pengaruh variasi tinggi dan periode gelombang kemudian membandingkan antara hasil eksperimen dan perhitungan numeris terhadap bedload sediment transport yang terjadi pada gelombang irreguler.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Janari 2015

A. Haris Fattah

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini sangat banyak bantuan dorongan moral maupun material dari banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Saya sangat bersyukur dan berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Sehingga pada kesempatan kali ini saya ingin mengucapkan terima kasih serta penghormatan kepada :

1. Ibu saya tercinta, Djumiaty, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan. Terima kasih atas segala kasih dan sayang yang engkau curahkan. Terima kasih untuk segalanya.
2. Bapak Suntoyo S.T., M.Eng., Ph.D dan Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir. Terima kasih atas bimbingan dan ilmu yang Bapak berikan.
3. Mas Arif, Arga, Mas Mamenk dan Mas Ginong selaku teknisi dan partner dalam melakukan penelitian. Terima kasih untuk waktu yang tercurah, bantuan dan arahan selama penelitian ini berlangsung.
4. Ketua Jurusan dan Sekertaris Jurusan Teknik Kelautan serta keluarga besar dosen dan karyawan. Terima kasih atas bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Sholihin selaku dosen wali. Terima kasih atas bimbingan serta nasihat yang telah diberikan.
6. Keluarga besar Megalodon L-28 P-50, kakak senior yang telah rela berbagi ilmu, pengalaman, dan banyak hal lainnya.
7. Keluarga besar PPSDMS R4 Surabaya dan Keluarga Cemara PFS atas doa, dorongan, dan persahabatan selama ini.
8. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebut satu per satu.

Semoga seluruh bimbingan, arahan, bantuan serta dukungan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT. Amiin.

A. Haris Fattah

STUDI EKSPERIMEN BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT AKIBAT VARIASI TINGGI DAN PERIODE GELOMBANG PADA GELOMBANG IRREGULAR

Nama Mahasiswa : A. Haris Fattah

NRP : 4310 100 095

Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS

Dosen Pembimbing : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D

Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D

ABSTRAK

Studi mengenai sediment transport dalam berbagai kondisi telah banyak dilakukan baik dalam bentuk eksperimen laboratorium maupun pemodelan numerik. Penelitian ini berisikan laporan hasil eksperimen transportasi sedimen bed load menggunakan gelombang irregular. Studi eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tinggi dan periode gelombang terhadap perilaku transportasi sedimen pada kondisi gelombang irregular serta mengetahui metode yang lebih tepat. Perhitungan dimulai dengan mentransformasikan nilai elevasi muka air hasil eksperimen di laboratorium ke dalam nilai orbital velocity kemudian dilanjutkan dengan perhitungan tegangan geser dasar (bottom shear stress) dan bed load sediment transport. Eksperimen ini dilakukan di wave flume tank laboratorium lingkungan dan energi lautan Jurusan Teknik Kelautan ITS menggunakan spektrum gelombang JONSWAP dengan variasi tinggi, periode, dan kedalaman pada saat pembangkitan. Terdapat 2 metode yang digunakan untuk menghitung tegangan geser dasar, yakni metode Neilsen (2002) dan metode Tanaka dan Samad (2006). Sedangkan untuk perhitungan bed load menggunakan metode Suntoyo dan Tanaka (2009). Dari hasil eksperimen dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa variasi tinggi dan periode gelombang mempengaruhi perilaku net bed load sediment transport. Adapun formula dari dua metode yang lebih mendekati adalah metode Nielsen (2002) dengan nilai determinasi $R^2 = 0.5151$.

Kata kunci : gelombang irregular, variasi tinggi dan periode gelombang, bedload sedimen transport.

EXPERIMENTAL STUDY OF BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT DUE TO WAVE HIGH AND PERIOD VARIAN UNDER IRREGULAR WAVE

Nama Mahasiswa : A. Haris Fattah

NRP : 4310 100 095

Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS

Dosen Pembimbing : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D

Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

Experimental study of sediment transport had been done in various conditions both in the laboratory study or numerical model. This research report contains the results of sediment transport experiments were carried out under irregular wave condition. The goal of this experimental study is to find out bed load sediment transport due to wave high and period varian under irregular wave and to determine the better method. Calculations start from transforming the water surface elevation into the orbital velocity then to the bottom shear stress calculation and bed load sediment transport. Experiments conducted in wave flume tank, marine environment and energy laboratory, Ocean Engineering ITS, using JONSWAP wave spectrum with some variation of wave height, period and depth. There are two methods used in this research those Neilsen (2002) and Tanaka and Samad (2006) for calculating the bottom shear stress and using Suntoyo and Tanaka (2009) method for bed load calculation. From the results of experiments and calculations it can be concluded that the closest formula of bedload sediment transport to the experimental results is shear stress method by Neilsen (2002) with determination value, $R^2 = 0.5151$.

Key words : irregular wave, orbital velocity, bedload sedimen transport.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Orbital Velocity	6
2.2.2 Ukuran dan Distribusi Sedimen	7
2.2.3 Tegangan Geser Dasar	8
2.2.4 Transportasi sedimen	10
2.2.5 Bedload Sediment Transport	11
2.2.6 Koefisien Determinasi	13
2.2.7 Set-Up Eksperimen	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.2 Prosedur Penelitian	16
BAB IV SET UP EKSPERIMEN	21
4.1 Persiapan Eksperimen	21
4.2 Prosedur Eksperimen	22
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	31
5.1 Perhitungan Hasil Eksperimen	31
5.1.1 Elevasi Muka Air	31
5.1.2 Perhitungan Orbital Velocity	33
5.1.3 Perhitungan Tegangan Geser	34
5.1.4 Perhitungan Bedload Sediment Transport	36
5.2 Analisa Hasil Eksperimen	38

5.2.1 Pengaruh Variasi Tinggi dan Periode Gelombang Terhadap Laju Bedload Sediment Transport Pada Gelombang Irregular	38
5.2.2 Perbandingan Hasil Eksperimen dan Teori	44
BAB VI PENUTUP	47
6.1 Kesimpulan	47
6.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi awal Wave Probe kondisi air tenang.....	26
Tabel 4.2 Hasil Kalibrasi Pada Peredam Gelombang.....	27
Tabel 5.1 Data Input Eksperimen.....	31
Tabel 5.2 Hasil Kondisi Ekperimen.....	34
Tabel 5.3 Parameter Input Perhitungan Shear Stress.....	35
Tabel 5.4 Faktor Gesekan Gelombang (fw)	35
Tabel 5.5 Hasil Eksperimen bedload sedimen transport di laboratorium	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Distribusi Diameter Butiran Sedimen	7
Gambar 2.2	Perhitungan Nilai Pada Gelombang Regular	10
Gambar 2.3	Perhitungan Nilai Pada Gelombang Irregular	10
Gambar 2.4	Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Butiran Di Dasar (Fredsoe, 1992) ..	12
Gambar 2.5	Skema Peralatan Uji Laboratorium (Kaczmarek & Ostrowski, 1996)	14
Gambar 3.1	Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir	16
Gambar 4.1	Wave Flume Tank Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS	22
Gambar 4.2	Flowchart prosedur eksperimen.....	22
Gambar 4.3	Dimensi model eksperimen (tampak samping).....	23
Gambar 4.4	Dimensi Sand Trap.....	24
Gambar 4.5	Pembuatan sand trap dan hasilnya siap untuk dipasang.....	24
Gambar 4.6	Pemasangan model pada wave flume tank	24
Gambar 4.7	Pengondisian kedalaman air pada kedalaman 70 cm	25
Gambar 4.8	Memasukkan pasir pada model di wave flume tank	25
Gambar 4.9	Pemasangan WHS (probe)	26
Gambar 4.10	Kalibrasi awal probe 1.....	26
Gambar 4.11	Kalibrasi awal probe 2.....	27
Gambar 4.12	Kalibrasi refleksi pada peredam gelombang.....	27
Gambar 4.13	Timbangan elektrik dan pemasangan sand trap.....	28
Gambar 4.14	Perubahan dasar permukaan pasir dan tertangkapnya pasir.....	28
Gambar 4.15	Pengambilan sand trap pada tiap tahap running.....	29
Gambar 5.1	Hasil Pengukuran Elevasi Muka Air J1 (H 4cm; T 1.1s; d 40cm)....	32
Gambar 5.2	Hasil Pengukuran Elevasi Muka Air J7 (H 4cm; T 1.3s; d 40cm)....	32
Gambar 5.3	Hasil Pengukuran Elevasi Muka Air J4 (H 4cm; T 1.1s; d 35cm)....	32
Gambar 5.4	Orbital Velocity J1 (H 4cm; T 1.1s; d 40cm).....	33
Gambar 5.5	Orbital Velocity J4 (H 4cm; T 1.1s; d 35cm).....	33
Gambar 5.6	Orbital Velocity J7 (H 4cm; T 1.3s; d 40cm).....	34
Gambar 5.7	Grafik Perbandingan Shear Stress dari dua metode pada kondisi eksperimen J1.....	36
Gambar 5.8	Grafik perbandingan nilai qb numeris dengan dua metode pada kondisi eksperimen J1.....	37
Gambar 5.9	Grafik hubungan variasi tinggi gelombang terhadap orbital velocity, tegangan geser dasar dan laju bedload sediment transport ..	38
Gambar 5.10	Hubungan variasi Orbital Velocity ($U_{1/3}$) terhadap laju transportasi sedimen (qb) kedalaman 40 cm.	40
Gambar 5.11	Hubungan variasi Orbital Velocity ($U_{1/3}$) terhadap laju transportasi sedimen (qb) kedalaman 35 cm.....	40
Gambar 5.12	Grafik hubungan Variasi tinggi gelombang ($H_{1/3}$) terhadap net bed load sediment transport pada kedalaman d = 40 cm.	41
Gambar 5.13	Grafik hubungn Variasi tinggi gelombang ($H_{1/3}$) terhadap net bed load sediment transport pada kedalaman d = 35 cm.	42
Gambar 5.14	Grafik hubungn Variasi tinggi gelombang ($H_{1/3}$) terhadap net bed load sediment transport pada kedalaman d = 35 cm.	42
Gambar 5.15	Hubungan variasi kedalaman terhadap laju net sediment transport...	43

Gambar 5.16	Perbandingan net bedload sediment transport hasil eksperimen dan hitungan manual berdasarkan Kecepatan Orbital Signifikan ($U_{1/3}$)..	45
Gambar 5.17	Pendekatan perbandingan net bedload sediment transport hasil eksperimen dan perhitungan.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A – Grain Size Analysis
LAMPIRAN B – Elevasi Muka Air
LAMPIRAN C – Hasil Perhitungan
LAMPIRAN D – Kurva Perhitungan
LAMPIRAN E – Sedimen Tertangkap

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penelitian tentang *sediment transport* sangat penting dalam perkembangan pengetahuan teknik pantai. Karena sangat berhubungan dengan sedimentasi, erosi, hingga perubahan morfologi pantai. Penelitian terkait *sediment transport* telah berkembang signifikan baik melalui proses eksperimen di laboratorium maupun pemodelan numeris secara teori dengan batasan masing-masing.

Penelitian mengenai *sediment transport* awalnya terbatas untuk gelombang sinusoidal (Jonsson dan Carlsen, 1976; Tanaka et al., 1983; Ahlian dan Sleath, 1987; Jensen et al, 1989; Fredsøe dan Deigaard, 1992). Sedangkan untuk gelombang *non-linear* baru berkembang selama dua dekade terakhir (Kaczmarek dan Ostrowsky, 1996; Dibajnia dan Watanabe, 1998; Suntoyo et al., 2008; Suntoyo dan Tanaka, 2009a; Suntoyo dan Tanaka, 2009b).

Akan tetapi, pada kenyataannya gelombang laut yang menjalar mendekati daerah dekat pantai mengalami proses-proses *non-linear*, dispersi dan tidak beraturan (*irregular*). Sementara penelitian berkaitan dengan gelombang *irregular* masih jarang dilakukan. Penelitian *sediment transport* untuk gelombang *irregular* pernah dilakukan oleh Kaczmarek & Ostrowski (1996). Akan tetapi, penelitian tersebut hanya sebatas membandingkan secara garis besar efek gelombang *irregular* secara teori dan eksperimen di laboratorium. Begitu pula Samad dan Tanaka (1999), penelitiannya hanya terbatas pada kondisi dasar halus (*smooth bed*).

Penelitian mengenai pengaruh kekasaran dasar dan ketidakaturan gelombang *irregular* terhadap laju transportasi sedimen juga telah dilakukan oleh Yusroni (2012). Namun, dalam perhitungannya belum dilakukan validasi dengan eksperimen sehingga belum diketahui koreksi dari perhitungannya. Penelitian tersebut kemudian disempurnakan oleh Yuliarga (2014) dengan mempertimbangkan pengaruh *orbital velocity* pada gelombang *irregular*. Akan tetapi, masih terdapat beberapa faktor yang belum dipertimbangkan pengaruhnya seperti variasi tinggi dan periode gelombang.

Penelitian ini bertujuan untuk memperbarui dan memvalidasi perhitungan laju *bed load sediment transport* akibat variasi tinggi dan periode gelombang pada gelombang *irregular* dengan menggunakan metode analisa dekomposisi Fourier untuk penghitungan *orbital velocity*nya seperti yang telah dilakukan oleh Yuliarga (2014).

Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen laboratorium dengan kondisi di atas dasar kasar menggunakan media pasir non kohesif dengan sedikit modifikasi bentuk ruang. Hasil dari eksperimen ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan pemodelan *sediment transport* akibat gelombang *irregular* dan lebih jauh lagi untuk prediksi perubahan morfologi pantai dan dasar laut.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mendapatkan *orbital velocity* berdasarkan data variasi elevasi muka air untuk gelombang *irregular*?
2. Bagaimana pengaruh variasi tinggi dan periode gelombang *irregular* terhadap *bed load sediment transport*?
3. Bagaimana menentukan metode yang tepat dalam menghitung *bed load sediment transport* untuk gelombang *irregular*?

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan data *orbital velocity* berdasarkan data variasi elevasi muka air untuk gelombang *irregular*?
2. Mengetahui pengaruh variasi tinggi gelombang *irregular* terhadap *bad load sediment transport*.
3. Mengetahui metode yang tepat dalam menghitung *bed load sediment transport* untuk gelombang *irregular*.

1.4 Manfaat

Melalui penelitian ini diharapkan mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif terkait pengaruh variasi tinggi dan periode gelombang terhadap laju

sedimentasi bed load pada gelombang *irregular*. Dan selanjutnya dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan persamaan *bed load sediment transport* yang lebih valid pada gelombang *irregular*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Gelombang yang ditinjau adalah gelombang *irregular*.
2. Eksperimen dilakukan dengan memvariasikan tinggi dan periode gelombang dengan kedalaman air tetap.
3. Hanya *bed load sediment transport* yang ditinjau.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, permasalahan yang akan dikaji, tujuan yang ingin dicapai, manfaat, serta batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini.

Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian ini, dasar-dasar teori, rumus-rumus yang digunakan, review dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya serta prosedur penelitian yang dilakukan.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab ini menjelaskan langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan serta prosedur eksperimen.

Bab IV Analisa dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas data dan perhitungan yang telah didapatkan dari hasil eksperimen yang telah dilakukan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan yang ditarik dari keseluruhan hasil analisa dan pembahasan. Pada bab ini juga berisikan saran sebagai tindak lanjut penelitian untuk permasalahan terkait.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Bed load sediment transport bergantung pada tegangan geser dasar (*bottom shear stress*), dimana tegangan geser dasar itu sendiri dipengaruhi oleh *orbital velocity*. Kajian-kajian mengenai tegangan geser dasar yang dihubungkan dengan pergerakan sedimen yang diakibatkan oleh gelombang simetris (linier) sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti (Jonsson dan Carlsen, 1976; Tanaka et al., 1983; Ahlian dan Sleath, 1987; Jensen et al, 1989; Fredsøe dan Deigaard, 1992). Kajian yang menyangkut laju transportasi sedimen untuk gelombang sinusoidal ini menunjukkan bahwa *net sediment transport* di atas satu periode gelombang adalah nol. Akan tetapi, kenyataannya di lapangan gelombang di laut tidak memiliki kesimetrisan dan keteraturan seperti gelombang sinusoidal.

Penelitian mengenai *net sediment transport* pada perkembangannya juga dilakukan untuk gelombang asimetris atau non-linier (Dibajnia dan Watanabe, 1998; Suntoyo et al., 2008; Suntoyo dan Tanaka, 2009a; Suntoyo dan Tanaka, 2009b). Penelitian-penelitian tersebut mengkaji dan mengembangkan formula dari gelombang linier ke gelombang non-linier. Misalnya Suntoyo et al (2008) berhasil membuktikan bahwa untuk gelombang condong (*skew wave*), *net sediment transport* dalam satu periode diketahui tidak nol. Meski demikian, pada penelitian-penelitian tersebut baru sebatas klarifikasi untuk ketidaksimetrisan gelombang. Padahal selain tidak simetris, gelombang di laut juga memiliki ketidakteraturan sehingga perlu dikaji lebih lanjut mengenai *net sediment transport* untuk gelombang tak teratur atau *irregular* ini.

Penelitian transportasi sedimen untuk gelombang *irregular* sangat jarang dilakukan. Penelitian yang sudah ada kebanyakan dibatasi untuk kondisi dasar halus (*smooth bed*) misalnya Samad dan Tanaka (1999). Tentu hal ini sangat berbeda dengan kondisi nyata di dasar pantai yang memiliki kekasaran dasar. Dan hal penting yang sangat mendasar di dalam rekayasa pantai akibat gerakan gelombang adalah efek gesekan dasar yang menyebabkan redaman gelombang dan

transportasi sedimen (Rahman & Suntoyo, 2012). Tanaka et al. (2002) telah melakukan kajian tentang tegangan geser dasar untuk gelombang *irregular* namun hasilnya masih kurang sesuai dengan hasil eksperimen.

Yusroni (2012) juga melakukan penelitian mengenai pengaruh kekasaran dasar dan ketidakaturan gelombang *irregular* terhadap laju transportasi sedimen. Namun, perhitungan Yusroni (2012) belum dilakukan validasi dengan eksperimen sehingga belum diketahui koreksi dari perhitungannya. Penelitian tersebut kemudian disempurnakan oleh Yuliarga (2014) dengan mempertimbangkan pengaruh *orbital velocity* pada gelombang *irregular*. Akan tetapi, masih terdapat beberapa faktor yang belum dipertimbangkan pengaruhnya seperti variasi tinggi dan periode gelombang terhadap *bed load sediment transport* itu sendiri.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Orbital Velocity

Orbital Velocity atau kecepatan orbital pada gelombang adalah kecepatan suatu partikel yang bergerak sepanjang gelombang berjalan. Dalam tiap elevasi dan ketinggian gelombang, *Orbital Velocity* dari partikel memiliki nilai yang berbeda-beda, bergantung pada titik dimana partikel tersebut berada.

Hubungan antara *Orbital Velocity* dan ketinggian gelombang pada data gelombang sebanyak n dapat dicari dengan menggunakan pendekatan *Fast Fourier Transform* yang dikembangkan oleh Kaczmarek (1996):

$$U(t) = \sum_n U_n \sin(\omega_n t + \varphi_n) + \frac{1}{2} U_0 \quad (2.1)$$

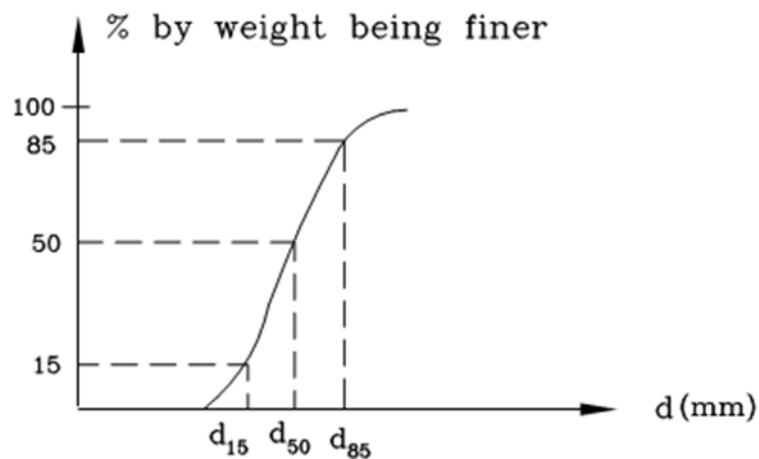
$$U_n = \frac{\pi H}{T_n} \frac{1}{\sinh \frac{2\pi h}{L_n}} \quad (2.2)$$

Dengan U_n adalah kecepatan orbital horizontal (Helmendach, 2013), ω adalah frekuensi angular ($2\pi/T_{1/3}$), k_n adalah angka gelombang ke- n ($k = \frac{2\pi}{L}$) dan φ_n adalah beda fase ke- n dengan nilai rekomendasi 24.4° . Nilai U_0 adalah nilai kecepatan gelombang awal saat pembangkitan.

2.2.2. Ukuran Butiran dan Distribusi Sedimen

Untuk keperluan analisis di dunia *engineering*, ukuran dan sebaran butiran sedimen adalah karakteristik sedimen yang paling penting dan paling sering digunakan untuk analisis mengenai sedimen. Karakteristik ini dianggap dapat mewakili karakteristik yang lain seperti bentuk profil butiran dan perilaku terhadap hidrodinamika. Penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik ini menyebutkan bahwa persebaran ukuran butiran sedimen ini berpengaruh terhadap permeabilitas tanah.

Ukuran butiran sedimen yang dapat ditemui di daerah pantai mempunyai sangat bervariasi mulai dari *clay* (diameter kurang dari satu micron) sampai kerikil atau batu besar yang berdiameter 10 cm. Tapi umumnya butiran sedimen di pantai memiliki diameter 0.1 sampai 1 mm.



Gambar 2.1 Distribusi diameter butiran sedimen

Parameter yang paling sering digunakan untuk menentukan sebaran butiran sedimen ini adalah median diameter d_{50} yang biasanya memiliki satuan millimeter (Liu, 2001). Ringkasnya d_{50} ini menyatakan ukuran diameter butiran dimana total *massa* butiran dari yang terkecil hingga diameter d_{50} ini bernilai setengah dari *massa* total sampel yang diteliti. Selain d_{50} ini juga dikenal d_{15} dan d_{85} dengan pengertian sama dengan d_{50} tersebut, yang biasanya digunakan untuk analisis yang memerlukan tingkat kedetailan tinggi.

2.2.3. Tegangan Geser Dasar

Estimasi perhitungan tegangan geser dasar (*bottom shear stress*) merupakan langkah yang paling penting dan diperlukan sebagai input dalam memodelkan transportasi sedimen. Pada saat *bed load transport* dominan maka transportasi sedimen dapat diprediksi secara akurat dengan melakukan perhitungan pada tegangan geser dasarnya.

Terdapat dua metode perhitungan yang digunakan untuk mencari tegangan geser dasar pada tugas akhir ini. Metode 1 menggunakan metode metode Nielsen (2002) dan metode 2 menggunakan Tanaka & Samad (2006).

Metode Nielsen (2002)

Metode 1 merupakan metode yang diusulkan oleh Nielsen (2002). Perhitungan tegangan geser dasar dalam metode ini mengubah perkalian antara f_w (*wave friction factor*) dan kuadrat $U^*(t)$ (*free stream velocity*) menjadi parameter baru yang disebut *friction velocity*. Sehingga persamaan umum tegangan geser dasar dalam metode ini menjadi sebagai berikut:

$$\tau_0(t) = \rho U^*(t) |U^*(t)| \quad (2.3)$$

$$U^*(t) = \sqrt{\frac{f_w}{2} \left\{ \cos \varphi U(t) + \frac{\sin \varphi}{\sigma} \frac{\partial U(t)}{\partial t} \right\}} \quad (2.4)$$

Metode Tanaka & Samad (2006)

Metode 2 merupakan usulan perhitungan yang diusulkan oleh Tanaka dan Samad (2006). Metode ini merupakan pendekatan tegangan geser dasar dari *harmonic wave cycle* yang dimodifikasi dengan beda fase antara tegangan geser dasar dan kecepatan aliran bebas yang akan mempengaruhi nilai tegangan gesernya. Dalam metode ini tegangan geser dasar sebanding dengan variasi waktu $U(t)$. Adapun persamaan umumnya sebagai berikut :

$$\tau_0 \left(t - \frac{\varphi}{\sigma} \right) = \frac{1}{2} f_w \rho U(t) |U(t)| \quad (2.5)$$

dimana $\tau_0(t)$: tegangan geser dasar yang seketika itu juga (*instantaneous bottom shear stress*), t : waktu, φ : beda fase antara *bottom shear stress* dan *free stream velocity*, σ : frekuensi sudut, $U(t)$ adalah variasi waktu dari kecepatan aliran bebas,

f_w adalah *wave friction factor* yang dapat divariasikan sesuai kondisi pemodelan, ρ adalah massa jenis air.

Pada penelitian ini, acuan nilai f_w yang digunakan berasal dari persamaan yang dikembangkan oleh Tanaka dan Thu (1994) yang mendekati kesesuaian karena aliran terjadi pada dasar yang kasar. Sehingga diperlukan pendekatan nilai f_w memperhitungkan efek kekasaran dasar tersebut.

$$f_w = \exp \left(-7.53 + 8.07 \left(\frac{a_m}{z_0} \right)^{-0.100} \right) \quad (2.6)$$

Dimana nilai a_m adalah *particle excursion length* yang dinyatakan sebagai $a_m = U/\sigma$, dan σ adalah frekuensi angular ($2\pi/T$). Sementara z_0 sendiri adalah *roughness height*, yaitu ketinggian pada saat kecepatan sama dengan nol.

Adapun untuk memperoleh nilai beda fase ϕ digunakan persamaan berikut ini:

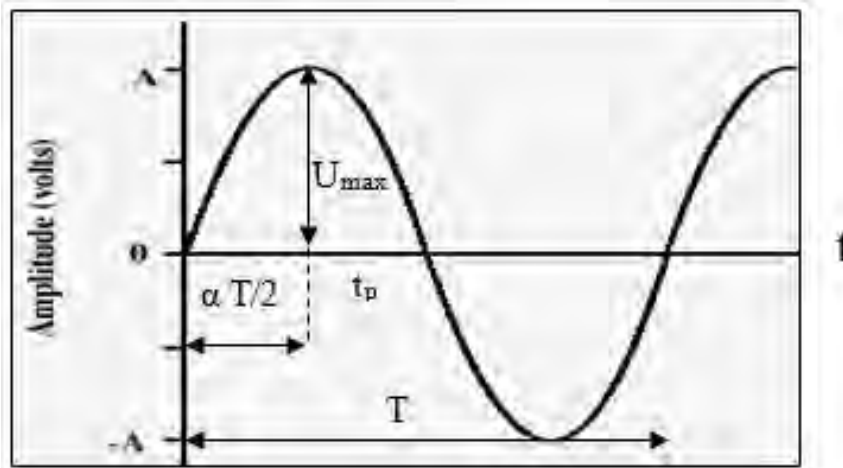
$$\phi_s = 42,4 C^{0.153} \frac{1+0,00297 C^{0.357}}{1+0,127 C^{0.563}} \quad (\text{derajat}) \quad (2.7)$$

$$\phi = 2\alpha \phi_s \quad (\text{derajat}) \quad (2.8)$$

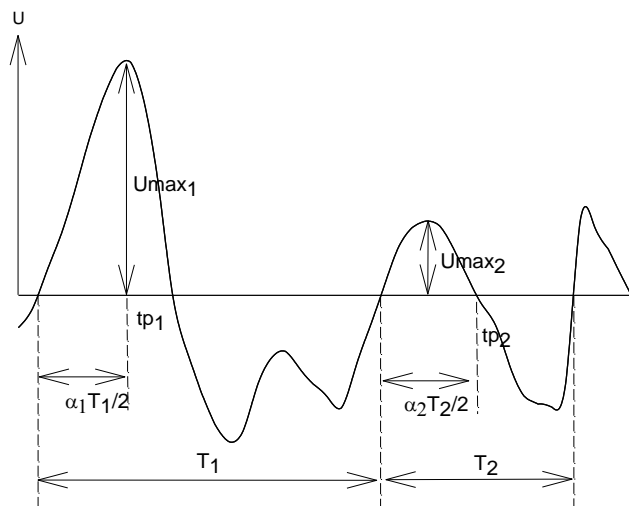
$$C = \frac{1}{k \sqrt{\frac{f_w a_m}{2 z_0}}} \quad (\text{untuk kondisi dasar kasar}) \quad (2.9)$$

Dengan ϕ_s merupakan beda fase antara orbital velocity dengan tegangan geser dasar dan nilai C digunakan untuk kondisi permukaan dasar kasar.

Pada penelitian ini digunakan gelombang *irregular* yang memiliki periode dan puncak gelombang yang nilainya selalu berbeda, sehingga periode tidak bisa didapatkan hanya dengan penggunaan satu siklus gelombang saja namun dengan beberapa siklus gelombang yang kemudian diambil periode signifikannya. Perbedaan periode untuk gelombang *regular* dan *irregular* dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3



Gambar 2.2 Perhitungan nilai a pada gelombang *regular*



Gambar 2.3 Perhitungan nilai a pada gelombang *irregular*

2.2.4. Transportasi Sedimen

Transportasi sedimen pantai adalah gerakan sedimen pada daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus. Daerah pantai dibagi menjadi tiga zona yakni *offshore zone*, *surf zone*, dan *swash zone*. Zona *offshore* merupakan perpanjangan dari *breaker line* menuju perairan terbuka. Transportasi sedimen pada zona ini didominasi oleh gelombang yang dipengaruhi gerakan orbital. Bagian kedua yaitu *surf zone* yaitu bagian yang berada mulai dari *breaker line* hingga garis pantai. Sementara *swash zone* berada pada daerah yang menghubungkan antara pantai dan perairan. Posisi garis pantai berubah sesuai dengan perubahan *water*

level dan oleh karena itu *swash zone* menjadi kering atau basah dalam variasi waktu tertentu.

Menurut Fredsoe and Diegard (1992) transportasi sedimen terbagi menjadi tiga yaitu:

1. *Bed Load*

Didefinisikan sebagai bagian dari *total load* yang terus berhubungan dengan dasar selama terjadi transportasi sedimen, terutama mencakup butir-butir pasir yang berguling, bergeser, atau melompat sepanjang dasar. *Bedload* harus ditentukan dalam hubungannya terhadap tegangan geser aktif yang bekerja langsung pada permukaan butir. Pada *bedload* transport moda dasar gerak partikel sedimen adalah *rolling*, *sliding*, dan *saltation* sesuai dengan kecepatan pergerakan sedimen tersebut.

2. *Suspended Load*

Didefinisikan sebagai bagian dari *total load* yang bergerak tanpa kontak langsung dengan dasar sebagai akibat agitasi/bergejolaknya fluida akibat turbulen. Sedimen tetap melayang (tersuspensi) oleh aliran turbulen untuk periode waktu tertentu.

3. *Wash Load*

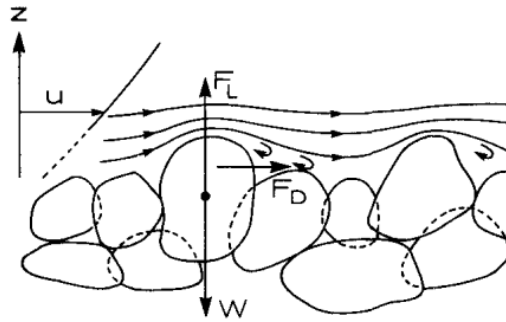
Terdiri dari partikel yang sangat halus yang diangkut oleh air tetapi partikel tidak berada di dasar. Oleh karena pengetahuan terkait dengan komposisi dasar tidak mengizinkan adanya prediksi laju transport *wash load*, sehingga *wash load* diabaikan dalam perhitungan debit total sedimen.

2.2.5. *Bead Load Sediment Transport*

Transportasi sedimen diawali dengan mobilisasi gaya-gaya angkat (*lift force*) dan gaya hambatan (*drag force*), yang bekerja pada butiran sedimen akibat pergerakan fluida yang menumbuk sedimen lebih besar dari pada gaya stabilitas (gaya gravitasi). Rasio gaya ini menentukan kemampuan untuk memindahkan butir sedimen dan disebut dengan *Shields parameter* yang diberikan pada persamaan berikut:

$$\tau^*(t) = \frac{\tau_o(t)}{((\rho_s/\rho)-1)gd_{50}} \quad (2.9)$$

Disini, $\tau^*(t)$ adalah parameter Shields sesaat, $\tau_o(t)$ adalah tegangan geser sesaat, ρ adalah densitas air, ρ_s adalah densitas material sedimen, g adalah percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$) dan d_{50} adalah median ukuran butir sedimen. Parameter Shields ini hanya mencakup gesekan kulit (*skin friction*) dari hambatan gesek karena bentuk hambatan (*drag form*) yang dihasilkan oleh perbedaan tekanan aliran bagian atas (*up-stream*) dan aliran bagian bawah (*down-stream*) dari bentuk dasar tidak secara langsung mempengaruhi stabilitas individu permukaan partikel sedimen. Jika parameter Shields ini melebihi nilai kritis (ambang atau permulaan gerak), sedimen akan mulai bergerak.



Gambar 2.4 Gaya-gaya yang bekerja pada butiran di dasar (Fredsoe, 1992)

Perhitungan persamaan transportasi sedimen pada penelitian ini menggunakan metode dari Suntoyo dan Tanaka (2009) yang berdasarkan pada laju transportasi sedimen seketika di *bed load*, $q(t)$ diekspresikan sebagai fungsi *Shields number* $\tau^*(t)$ seperti yang diberikan dalam persamaan berikut:

$$\Phi(t) = \frac{q(t)}{\sqrt{(\rho_s - \rho)gd_{50}^3}} = 11 \text{ sign} \{ \tau^*(t) \} |\tau^*(t)|^{0.5} \{ |\tau^*(t)| - \tau_{cr}^* \} \quad (2.10)$$

Dengan, $\Phi(t)$ adalah laju transportasi sedimen seketika tidak berdimensi, ρ_s adalah kerapatan sedimen, g adalah percepatan gravitasi, d_{50} adalah median diameter partikel sedimen, $\tau^*(t)$ adalah Shields parameter pada persamaan (3.5). Sementara τ_{cr}^* adalah *critical Shields number* yang dihitung dengan

menggunakan persamaan (2.12) sebagaimana yang diusulkan oleh Tanaka dan To (1995). Bentuk persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\tau_{cr}^* = 0.055 \{1 - \exp(-0.09 S_*^{0.58})\} + 0.09 S_*^{-0.72} \quad (2.11)$$

Dimana, S^* adalah ukuran partikel sedimen tidak berdimensi didefinisikan melalui persamaan berikut:

$$S_* = \frac{\sqrt{(\rho_s / \rho - 1) g d^3}}{4\nu} \quad (2.12)$$

dengan ν adalah viskositas kinematis air pada suhu ruangan 27^0 yakni sebesar $1.307 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

2.2.6. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) merupakan suatu cara untuk mengetahui korelasi yang terbentuk diantara dua data. Koefisien ini membandingkan antara standar deviasi kedua data yang terkorelasi terhadap prediksi dan terhadap nilai rata-rata. R^2 memiliki rentang dari 0 hingga 1. Semakin besar nilai R^2 maka korelasi kedua data semakin baik.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SS_{yy}} \quad (2.13)$$

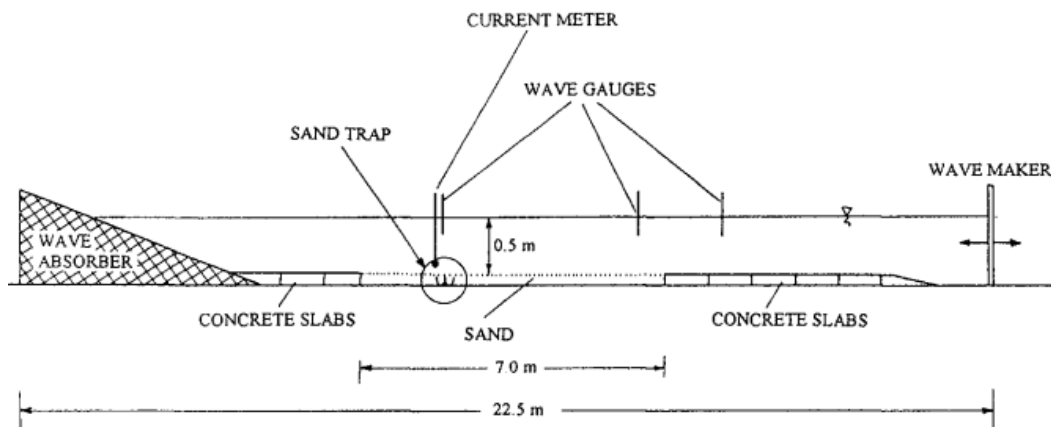
dimana SS_{yy} adalah deviasi data terkorelasi terhadap rata-ratanya, sedangkan SSE adalah deviasi data terkorelasi terhadap nilai prediksinya sebagai fungsi regresi. Jadi semakin kecil nilai SSE maka model yang dibandingkan semakin handal yang dapat tercapai jika regresi yang terbentuk memiliki kesesuaian yang baik dengan data terkorelasi.

Koefisien determinasi ini digunakan untuk menganalisa hasil perhitungan secara numerik dengan hasil yang diperoleh dari hasil eksperimen. Sehingga akan dapat diketahui metode manakah dengan nilai R^2 terbesar yang akan sesuai dengan hasil dari eksperimen. Sehingga selanjutnya dapat diketahui manakah metode yang paling tepat atau mendekati terhadap hasil dari eksperimen.

2.2.7. Set-up Eksperimen

Penelitian ini mengacu penelitian yang dilakukan M. Kaczmarek & Rafal Ostrowski (1996) di IBW PAN Coastal Research Facility di Lubiatowo, Polandia pada tahun 1996. Kaczmarek (1996) melakukan penelitian di *Wave flume* yang memiliki dimensi panjang 22,5 meter dan lebar 0,5 meter dan dapat diisi air hingga ketinggian 0,7 meter. Lokasi pengukuran sepanjang 7 meter berisi butiran pasir alam terletak di tengah kolam yang dibatasi oleh *concrete slab*. Lebih jelas mengenai skema peralatan uji laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Yang membedakan penelitian ini dengan penelitian Kaczmarek (1996) adalah dimensi *flume tank*-nya dan beberapa pendekatan metode perhitungannya. Pada penelitian ini dimensi yang digunakan memiliki lebar 15 cm panjang 960 cm dengan butiran pasir yang digunakan adalah pasir pantai dengan $d_{50} = 0.2$ mm. Penelitian ini menggunakan spektrum gelombang yang digunakan oleh Dibajnia (1998) yaitu spektrum gelombang JONSWAP dengan variasi tinggi dan periode gelombang.



Gambar 2.5 Skema peralatan uji laboratorium (Kaczmarek & Ostrowski, 1996)

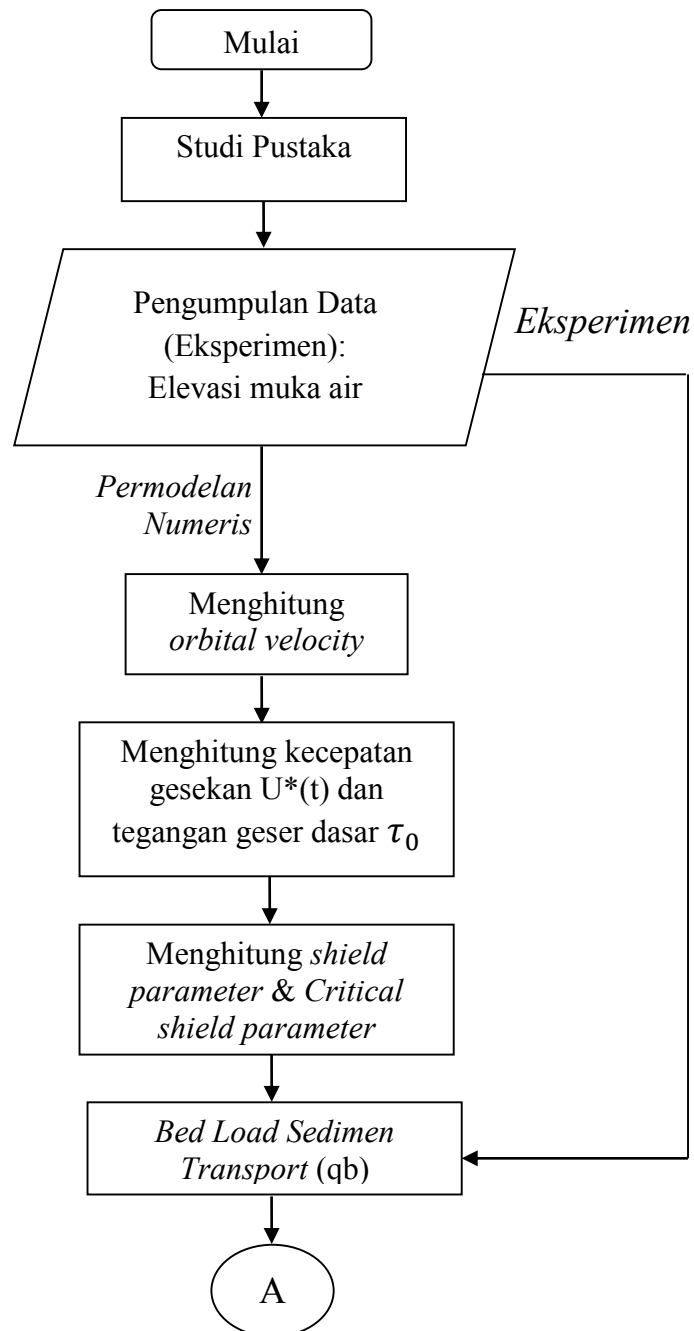
Data elevasi muka air diukur dengan WHS (*Wave Height Sensor*) yang seperangkat dengan DAQ Device (*Data Acquisition Device*). Data yang terukur dicatat menggunakan software Labview dengan output data berformat *.xls. Selanjutnya diolah lagi dengan software Anaware. Software Anaware dapat menghasilkan output berupa tinggi gelombang signifikan, periode tertinggi, tinggi gelombang maksimum, tinggi gelombang rata-rata, tinggi gelombang rms, 1/10 tinggi gelombang rata-rata.

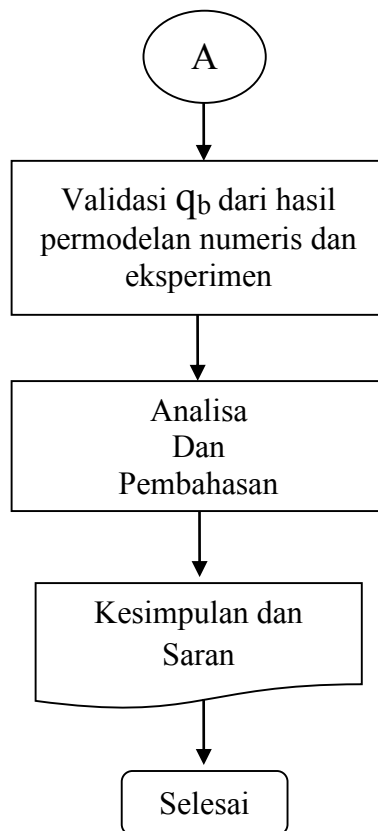
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini dapat digambarkan dalam bentuk diagram alur (*flowchart*) sebagai berikut:





Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian dalam diagram alir pada Gambar 4.1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Pustaka

Tahapan pencarian buku, jurnal, ataupun laporan tugas akhir yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang ditinjau. Literatur tersebut digunakan sebagai acuan ataupun referensi tugas akhir ini.

2. Pengumpulan Data

Menghimpun data berupa variasi elevasi muka air, tinggi, dan periode gelombang *irregular* yang dihasilkan melalui set-up eksperimen. Data tersebut digunakan untuk perhitungan selanjutnya dalam permodelan

numeris. Sedangkan Set-Up eksperimen tetap dilanjutkan untuk mendapatkan besarnya *bed-load sediment transport* yang dihasilkan.

3. Menghitung *Orbital Velocity*

Untuk mendapatkan *Orbital Velocity* $U(t)$, data elevasi muka air dari hasil set-up eksperimen kemudian didekati menggunakan Deret Fourier sebagaimana dalam Kaczmarek (1996).

$$U(t) = \sum_n U_n \sin(\omega_n t + \varphi_n) + \frac{1}{2} U_0 \quad (3.1)$$

Persamaan (3.1) adalah dekomposisi Fourier untuk input berupa elevasi muka air. Dengan:

U_n = kecepatan orbital horizontal ke-n

$n\omega$ = kecepatan angular dikali data ke-n ($2\pi/T_{1/3}$)

k_n = nomor gelombang ke-n ($2\pi/L$)

L = $C \cdot T$

C = \sqrt{gh}

φ_n = Beda fase ke n

U_0 = kecepatan gelombang awal

$$U_n = \frac{\pi H}{T_n} \frac{1}{\sinh \frac{2\pi h}{L_n}}$$

4. Menghitung Kecepatan Gesekan $U^*(t)$ dan Tegangan Geser Dasar τ_0

Menghitung kecepatan gesekan $U^*(t)$ dan tegangan geser dasar τ_0 berdasarkan Metode Neilsen (2002) (persamaan 2.2) dan Metode Tanaka-Samad (2006) (persamaan 2.4) dengan input *orbital velocity* yang telah didapatkan sebelumnya.

Tujuan penggunaan 2 metode pada penelitian ini adalah untuk mengetahui formulasi yang lebih valid dengan mempertimbangkan koefisien beda fase gelombang yang ada pada metode Tanaka dan Samad (2006) namun tidak diperhitungkan pada metode Nelisen (2002).

Hasil perhitungan dari kedua metode ini akan digunakan pula pada perhitungan-perhitungan selanjutnya.

5. Menghitung *Shield Parameter* dan *Critical Shield Parameter*

Menghitung *shield parameter* dan *Critical shield parameter* berdasarkan persamaan (2.9) dan persamaan (2.11). Perhitungan menggunakan 2 *input* dari hasil perhitungan kecepatan gesekan dan tegangan geser, baik menggunakan metode Neilsen (2002) maupun metode Tanaka dan Samad (2006). *Shield parameter* dan *Critical shield parameter* yang dihasilkan juga berupa 2 jenis sesuai dengan metode *input* masing-masing.

6. Menghitung *Bed Load Sedimen Transport (qb)*

Bed load sediment transport dihasilkan dari 3 cara yaitu perhitungan numeris menggunakan persamaan (2.10), dimana terdapat 2 hasil dari metode Neilsen (2002) dan metode Tanaka dan Samad (2006), serta dari hasil Set-Up eksperimen.

7. Validasi Q_b dari hasil permodelan numeris dan eksperimen

Melakukan validasi dengan cara membandingkan hasil perhitungan numeris dan eksperimen, kemudian memperoleh rentang *margin* nilai dari hasil tersebut. Dari 2 hasil perhitungan numeris yang dihasilkan, selanjutnya keduanya dibandingkan dengan hasil eksperimen yang telah dilakukan.

8. Analisa Dan Pembahasan

Menganalisa nilai *bed load sediment transport* yang dihasilkan oleh permodelan numeris metode 1 dan metode 2 dengan hasil eksperimen. Dari kedua hasil tersebut dapat diketahui metode mana yang hasilnya paling mendekati hasil eksperimen. Sehingga dapat diketahui pula apakah koefisien percepatan juga cukup berpengaruh terhadap penentuan nilai *bed load sediment transport* pada gelombang *irregular*.

9. Kesimpulan dan Saran

Menarik kesimpulan dari hasil akhir penelitian dan memberikan saran berupa parameter-parameter apa yang dapat dikaji ulang atau lebih lanjut dalam penelitian-penelitian berikutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB IV

***SET-UP* EKSPERIMEN**

4.1 Persiapan Eksperimen

Keakuratan *set-up* dan prosedur eksperimen sangatlah penting untuk diperhatikan karena untuk mendapatkan data yang akurat diperlukan prosedur yang baik dan benar. Pada bab ini akan dijelaskan *set-up* dan prosedur eksperimen secara rinci meliputi alat dan bahan hingga cara kerja dan pengolahan data eksperimen.

Ekperimen ini dilakukan di *wave flume tank* yang ada di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS. Adapun spesifikasi wave flume tank tersebut sebagai berikut:

Dimensi Utama:

- Panjang : 20 meter
- Lebar : 2.3 meter
- Tinggi : 2.5 meter

Pembangkit Gelombang:

- Sistim pembangkit : Jenis Plunyer
- Jenis spektrum : JONSWAP
- Keluaran gelombang : Reguler dan Irregular
- Periode gelombang : 0.5 – 3.0 detik
- Tinggi gelombang : 0.3 m (maksimum)
- Kedalaman air : 0.8 m (maksimum)

Pembangkit Arus:

- Sistim pembangkit : Jenis Impeller
- Rentang kecepatan : 2.5-10 cm/detik

Pembangkit Angin:

- Sistim pembangkit : Centrifugal Blower
- Kecepatan angin : 10 m/s (maksimum)

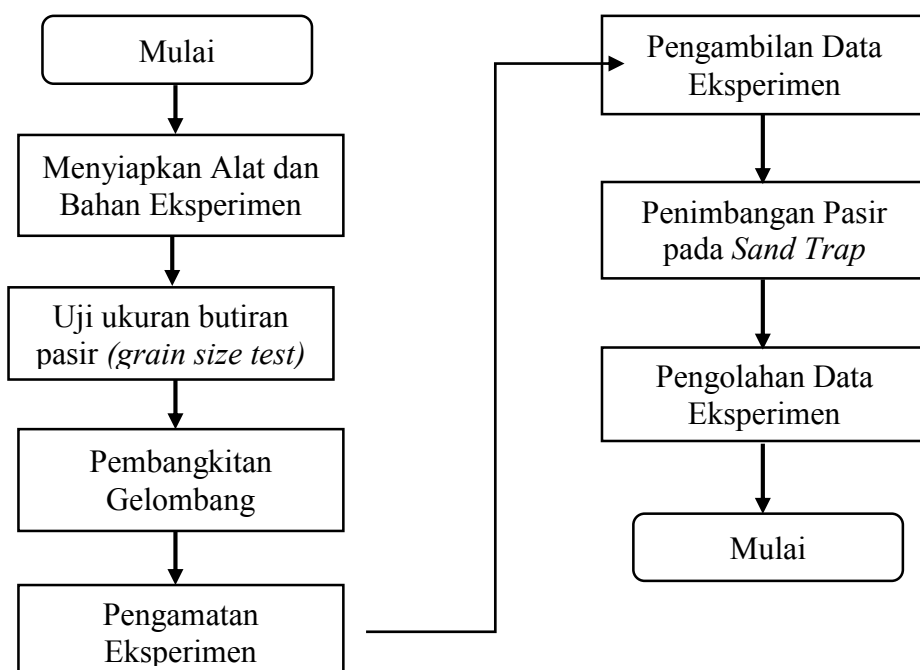
Pada eksperimen ini, tidak semua lebar flume tank digunakan. Akan tetapi, disesuaikan dengan kebutuhan model eksperimen.



Gambar 4.1 *Wave Flume Tank* Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS

4.1. Prosedur Eksperimen

Prosedur eksperimen yang dilakukan dalam tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alur (*flowchart*) berikut ini:



Gambar 4.2 *Flowchart* prosedur eksperimen

Adapun langkah-langkah prosedur eksperimen dalam flowchart dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menyiapkan Alat dan Bahan Eksperimen

a. Langkah awal yang harus dilakukan sebelum memulai eksperimen adalah menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam eksperimen. Adapun alat dan bahan eksperimen sebagai berikut:

- **Alat :**

- Kayu triplek ketebalan 2 cm
- WHS dan DAQ
- Kain putih
- Jarum pentul
- Besi tulangan diameter 8 mm (P8)
- Sand bag
- Paku dan palu
- Gergaji kayu

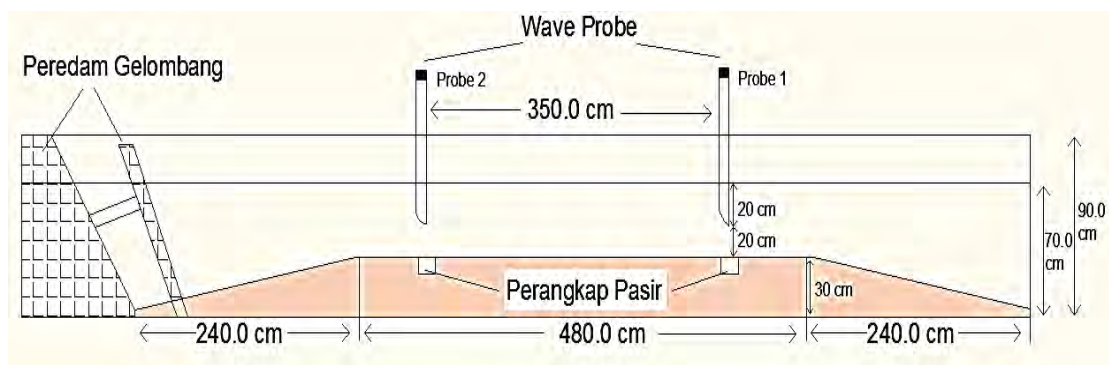
- **Bahan :**

- Pasir pantai 10 sak

b. Pembuatan model eksperimen dan perangkat pasir (*sand trap*)

- Dimensi model eksperimen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

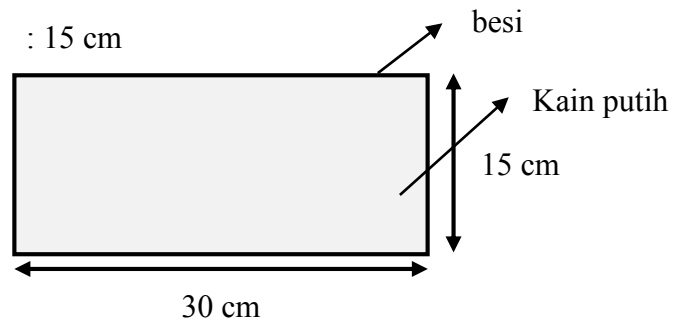
- Panjang : 960.0 cm
- Tinggi papan : 90.0 cm
- Lebar : 20.0 cm
- Tebal pasir : 30.0 cm



Gambar 4.3 Dimensi model eksperimen (tampak samping)

- *Sand trap* digunakan sebagai perangkat pasir yang mengalami pergerakan saat gelombang dibangkitkan. Adapun dimensi sand trap yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Panjang : 30 cm
- Lebar : 15 cm



Gambar 4.4 Dimensi *sand trap*



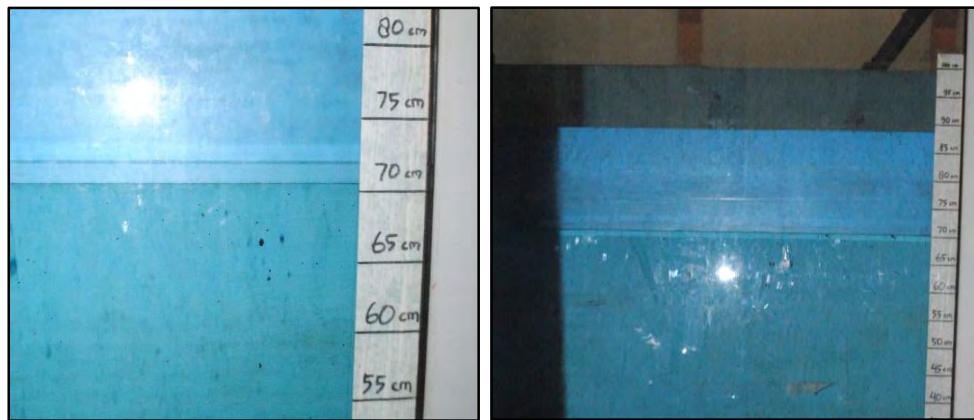
Gambar 4.5 Pembuatan *sand trap* dan hasilnya siap untuk dipasang

- c. Pemasangan atau set-up model eksperimen pada *wave flume tank*.



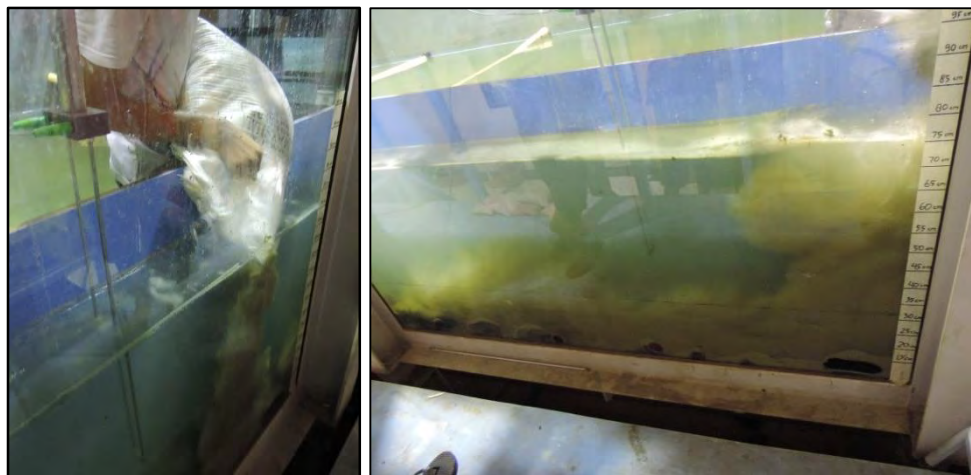
Gambar 4.6 Pemasangan model pada *wave flume tank*

- d. Pengondisian kedalaman air sesuai kebutuhan eksperimen yakni 65 cm dan 70 cm dari permukaan dasar.



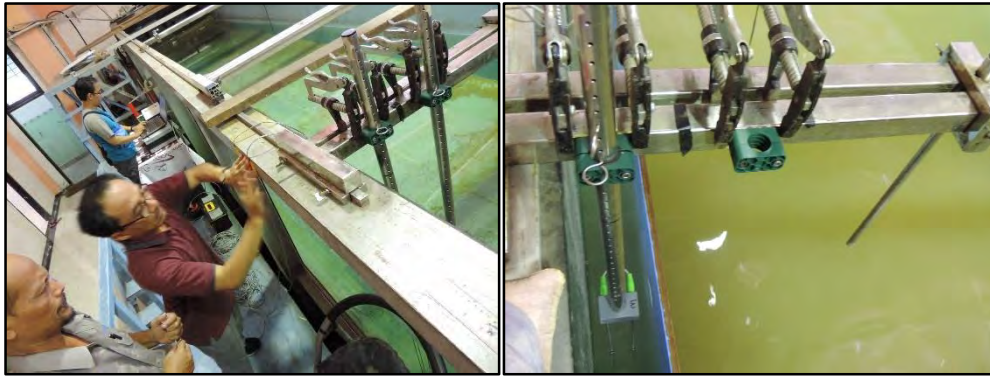
Gambar 4.7 Pengondisian kedalaman air pada kedalaman 70 cm

- e. Pasir dimasukkan ke dalam kolam eksperimen hingga setinggi 30 cm dari dasar kemudian diratakan.



Gambar 4.8 Memasukkan pasir pada model di *wave flum tank*

- f. WHS dipasang pada titik yang telah ditentukan kemudian dihubungkan dengan DAQ device yang telah tersambung dengan komputer lab.

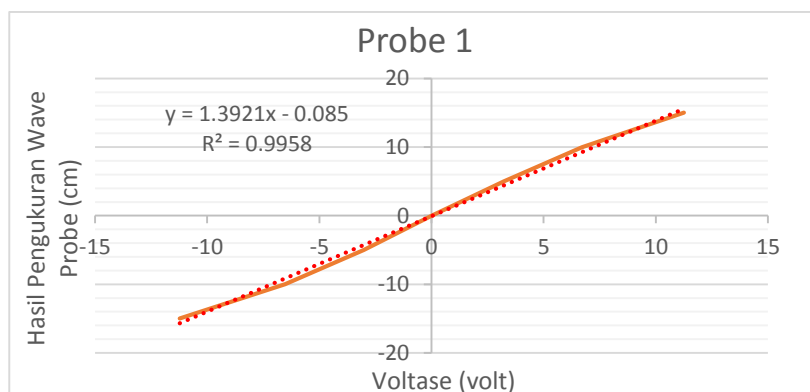


Gambar 4.9 Pemasangan WHS (*probe*)

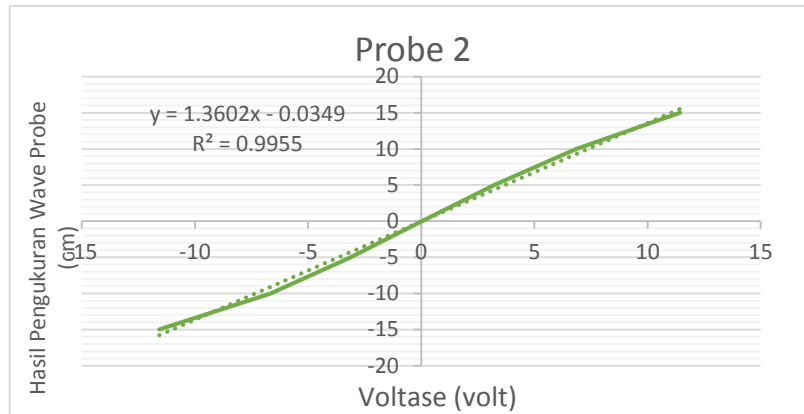
- g. Melakukan kalibrasi *probe* untuk pengambilan data pada kondisi awal permukaan air tenang sebagai acuan.

Tabel 4.1 Hasil kalibrasi awal *wave probe* kondisi air tenang

No	Gerakan Probe	Kondisi	Barat/Merah (Probe 1)			Timur/Hijau (Probe 2)		
		Wave Height Meter	Ukuran (cm)	Kumulatif (cm)	Volt komputer	Ukuran (cm)	Kumulatif (cm)	Volt komputer
1	Turun	(1-1.5 volt)	5	15	11.255	5	15	11.446
2		(0.5-1 volt)	5	10	6.71237	5	10	6.8539
3		(0-0.5 volt)	5	5	3.21245	5	5	3.226
4		Zero	0	0	0.01318	0	0	0.0241
5	Naik	(0-0.5 volt)	-5	-5	-3.01287	-5	-5	-3.1282
6		(0.5-1 volt)	-5	-10	-6.5324	-5	-10	-6.6654
7		(1-1.5 volt)	-5	-15	-11.2201	-5	-15	-11.577



Gambar 4.10 Kalibrasi awal probe 1

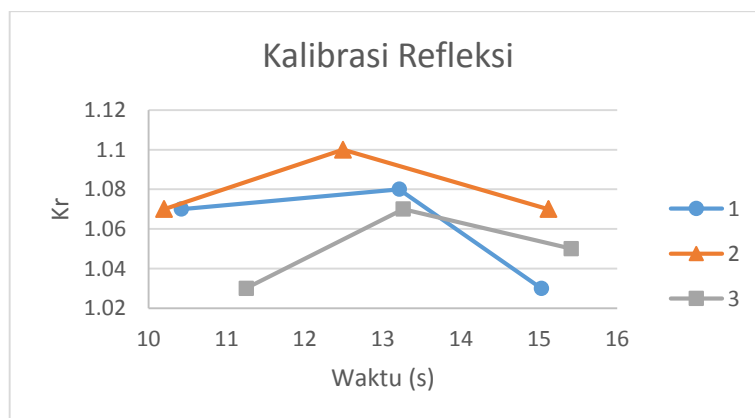


Gambar 4.11 Kalibrasi awal probe 2

- h. Melakukan kalibrasi *probe* pada gelombang refleksi akibat *wave absorber* yang kurang optimal.

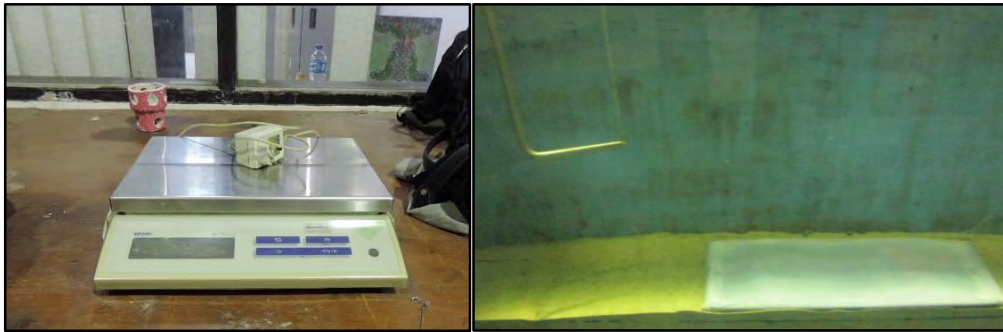
Tabel 4.2 Hasil kalibrasi pada peredam gelombang

Gelombang Reguler							
No Test	T (s)	t (s)	HI (cm)	HR (cm)	ΔHR (cm)	Cr	
1	1.1	10.42	0.97532	1.043592	0.068272	1.07	1.06
		13.21	2.983062	3.221707	0.238645	1.08	
		15.03	2.894732	2.981574	0.086842	1.03	
2	1.1	10.2	0.93313	0.998449	0.065319	1.07	1.08
		12.49	2.940872	3.234959	0.294087	1.1	
		15.12	2.852542	3.05222	0.199678	1.07	
3	1.1	11.25	3.452792	3.556376	0.103584	1.03	1.05
		13.26	2.929062	3.134096	0.205034	1.07	
		15.41	2.933252	3.079915	0.146663	1.05	



Gambar 4.12 Kalibrasi refleksi pada peredam gelombang

- i. Berat awal kain *sand trap* ditimbang dengan timbangan elektrik kemudian dipasang pada tempat yang telah ditentukan.



Gambar 4.13 Timbangan elektrik dan pemasangan sand trap

2. Uji Ayakan Ukuran Butiran Pasir (*Grain Size Distribution Test*)

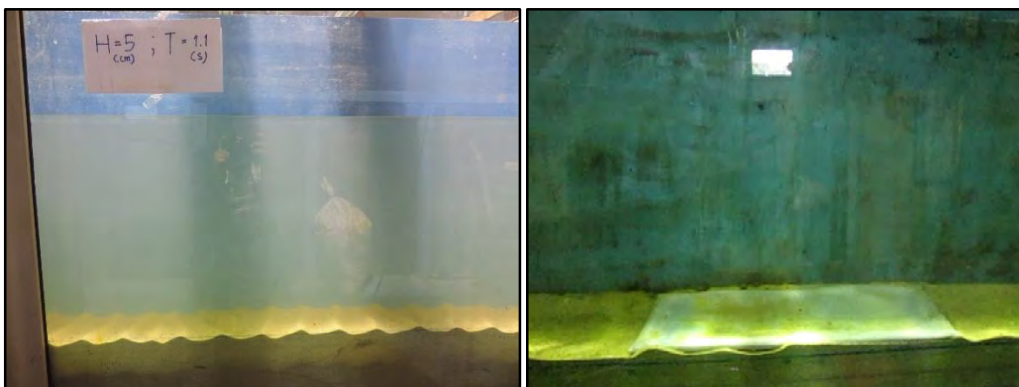
Uji ayakan pasir (grain size test) ini digunakan untuk mengetahui ukuran butiran pasir d_{50} . Adapun prosedur dan hasil uji *grain size* menunjukkan bahwa ukuran pasir d_{50} yang digunakan adalah 0.45 mm (terlampir). Uji *grain size* ini dilakukan di laboratorium rekayasa dasar laut dan bawah air, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.

3. Pembangkitan Gelombang

Setelah alat dan bahan eksperimen tersusun, maka langkah selanjutnya adalah membangkitkan gelombang irregular dengan variasi tinggi dan periode gelombang yang diinginkan.

4. Pengamatan Eksperimen

Pengamatan perubahan dasar dan pergerakan sedimen dilakukan secara manual dan menggunakan kamera video. Untuk data elevasi gelombang tercatat secara langsung pada komputer operator.



Gambar 4.14 Perubahan dasar permukaan pasir dan tertangkapnya pasir

5. Pengambilan Data Ekperimen

Data eksperimen secara langsung diperoleh saat *running* eksperimen dilakukan. Data elevasi permukaan air secara otomatis direkam oleh WHS (*Wave Height Sensor*) dan dibaca oleh DAQ (*Data Aquitition Device*) yang telah tersambung.

6. Penimbangan Pasir pada *Sand Trap*

Setiap kali *running* selesai pada masing-masing tahapan. *Sand trap* diangkat dan kain trap dikumpulkan kemudian dioven untuk mendapatkan pasir dalam kondisi kering. Selanjutnya kain trap yang masih terdapat pasirnya ditimbang dengan timbangan digital untuk mengetahui berat kering pasir.



Gambar 4.15 Pengambilan *sand trap* pada tiap tahap *running*

7. Pengolahan Data Eksperimen

Tahapan terakhir dalam eksperimen ini yakni pengolahan data. Data yang tercatat dalam DAQ kemudian dicatat menggunakan software Revana dengan output data berformat *.xls. Selanjutnya data tersebut diolah lebih lanjut untuk mendapatkan *orbital velocity* ($U_{(t)}$) yang digunakan sebagai pondasi dasar dalam perhitungan numeris untuk mendapatkan nilai *bedload sediment transport* baik menggunakan metode Neilsen (2002) maupun metode Tanaka dan Samad (2006).

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Perhitungan Hasil Eksperimen

5.1.1. Elevasi Muka Air (η)

Ekeperimen pada penelitian ini menggunakan gelombang *irregular* dengan spektrum JONSWAP. Gelombang dibangkitkan sesuai variasi tinggi dan periode yang diinginkan dengan kombinasi selama 100 detik untuk masing-masing variasi.

Data direkam dengan selisih antar increment sebesar 0.01, sehingga dalam 1 detik terdapat 100 data yang terekam maka dalam 100 detik terdapat kurang lebih 10000 data yang terekam. Adapun kombinasi data pembangkitan eksperimen yang telah dilakukan dijelaskan sebagai berikut (Tabel 4.1).

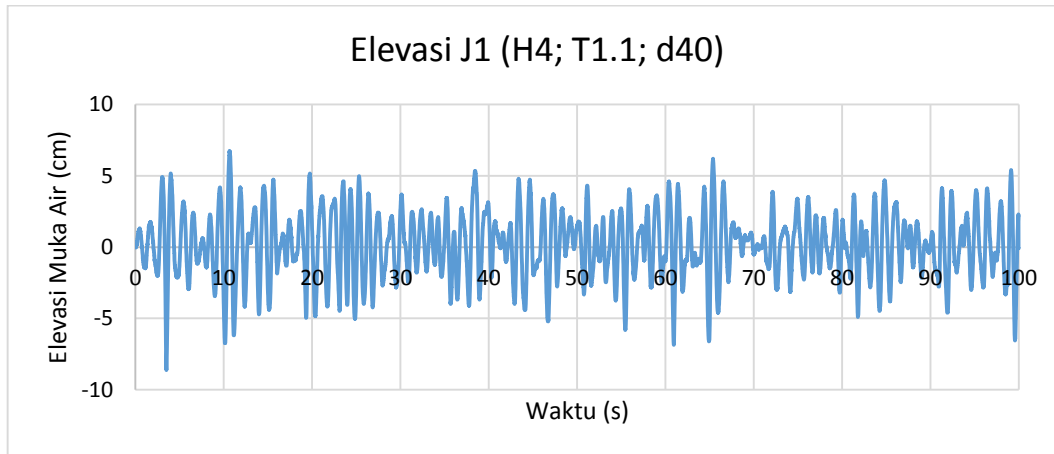
Tabel 5.1 Data Variasi Pembangkitan

ID	H (cm)	T (s)	d (cm)
J1	4	1.1	40
J2	5	1.1	40
J3	6	1.1	40
J4	4	1.1	35
J5	5	1.1	35
J6	6	1.1	35
J7	4	1.3	40
J8	5	1.3	40
J9	6	1.3	40

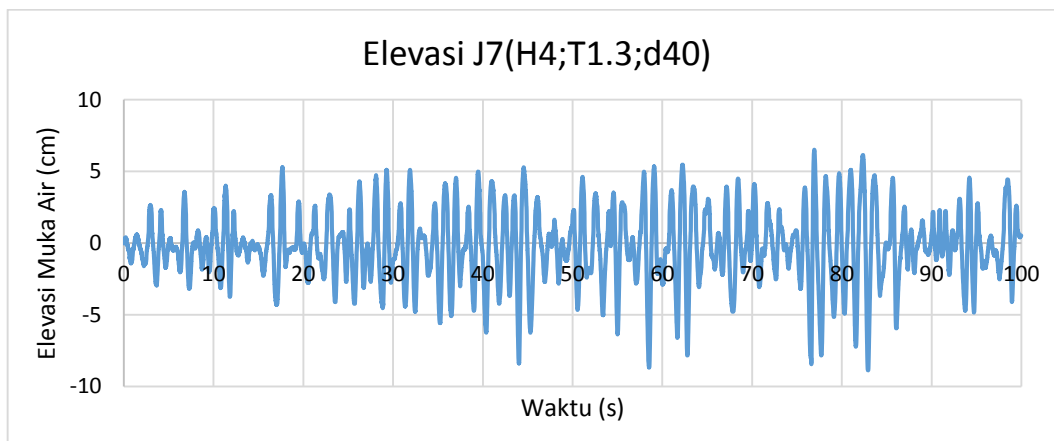
Elevasi muka air diukur dengan menggunakan WHS (*Wave High Sensor*) yang telah dikalibrasi kemudian data direkam dengan bantuan DAQ (*Data Acquisition*) yang telah terhubung dengan PC operator lab. Data yang terukur dicatat menggunakan software Revana dengan output data berformat *.xls. Output data yang telah dikalibrasi berupa elevasi muka air dalam satuan centimeter (cm) yang selanjutnya digunakan sebagai *input* dalam perhitungan selanjutnya.

Berikut adalah contoh *output* hasil pengukuran elevasi muka air yang telah dikonversikan dalam bentuk *chart* dalam kombinasi yang berbeda. Kode J1 dengan

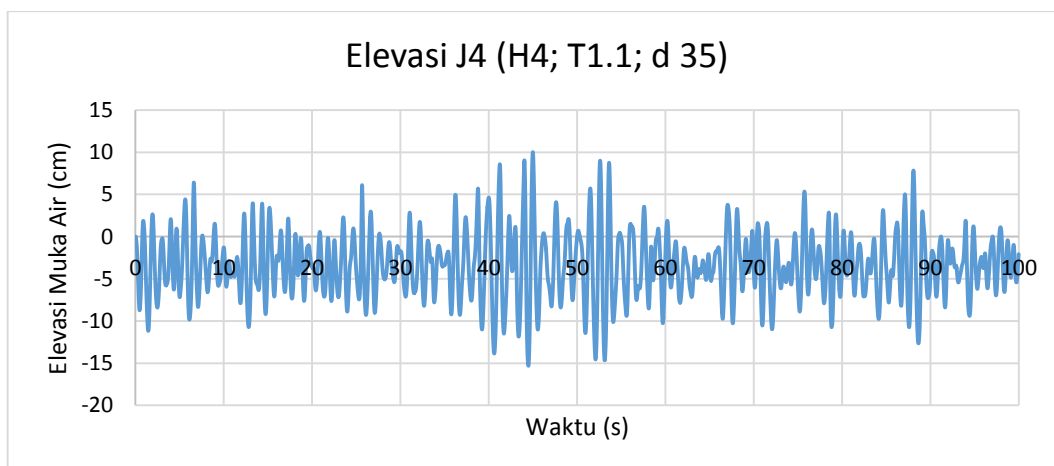
data input tinggi gelombang (H) 4 cm, periode (T) 1.1 s, dan kedalaman air (d) 40 cm dan kode J7 dengan data input H 4 cm, T 1.3 s, dan d 40 cm. yang ditampilkan pada gambar 4.1. Selanjutnya contoh hasil keseluruhan akan ditampilkan dalam lampiran.



Gambar 5.1 Hasil Pengukuran Elevasi Muka Air J1 (H 4cm; T 1.1s; d 40cm)



Gambar 5.2 Hasil Pengukuran Elevasi Muka Air J7 (H 4cm; T 1.3s; d 40cm)

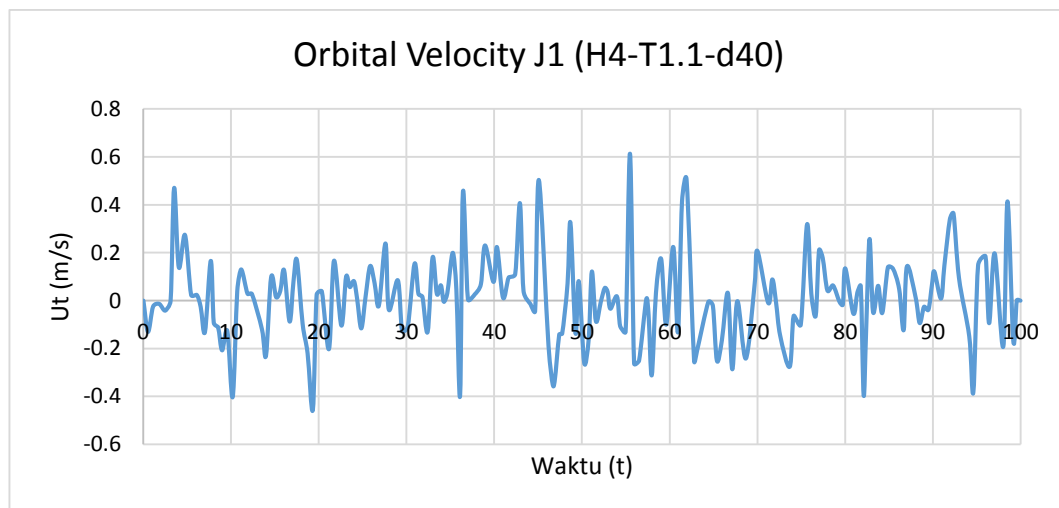


Gambar 5.3 Hasil Pengukuran Elevasi Muka Air J4 (H 4cm; T 1.1s; d 35cm)

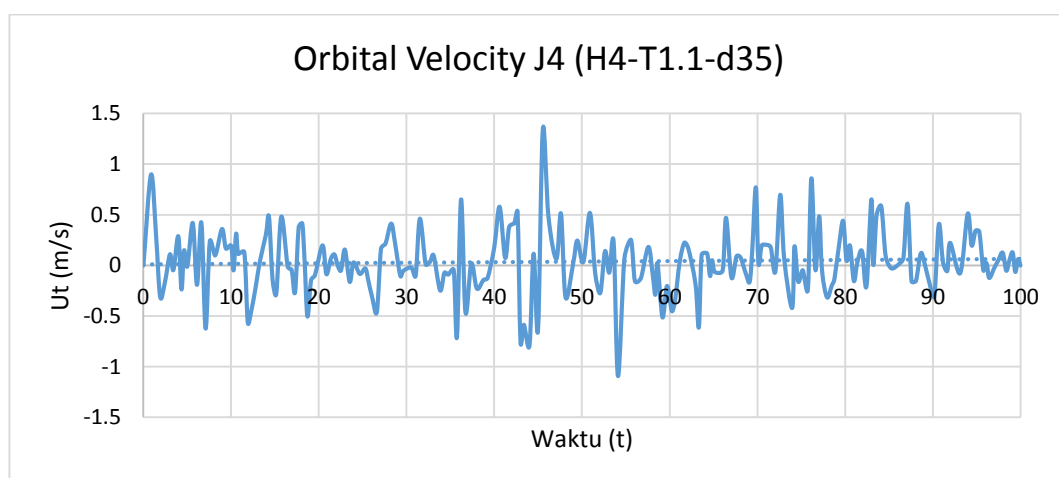
5.1.2 Perhitungan Orbital Velocity

Setelah mendapatkan data elevasi muka air, maka langkah selanjutnya adalah perhitungan *Orbital Velocity*, $U(t)$, yang didasarkan pada konversi elevasi muka air. Perhitungan $U(t)$ merupakan hal penting yang sangat diperlukan sebagai input perhitungan teoritis untuk tegangan geser dasar dan *bed load sediment transport*.

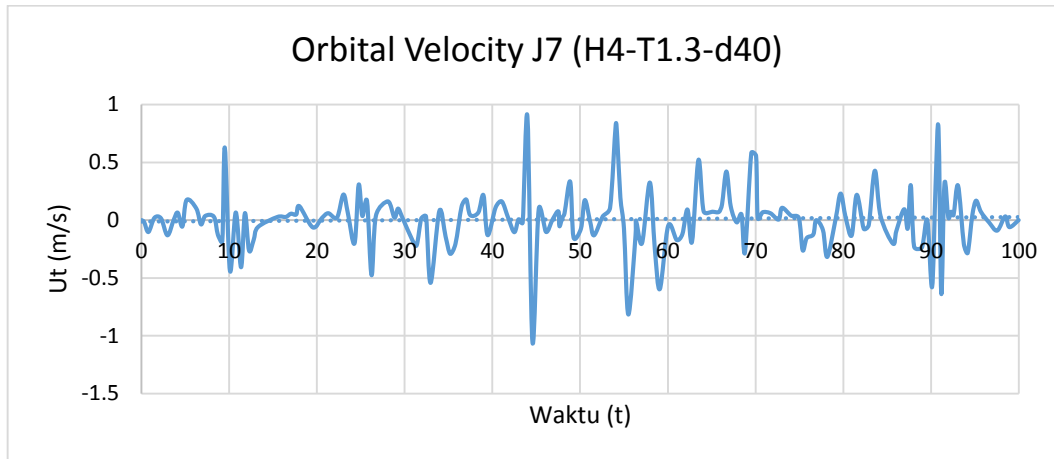
Untuk mendapatkan $U(t)$, elevasi dan periode gelombang didekati dengan pendekatan dekomposisi Fourier sebagaimana dalam Persamaan 2.1. Dari sebaran data tersebut maka diperoleh distribusi *Orbital Velocity* gelombang pada rentang waktu yang sama dengan distribusi elevasi muka air.



Gambar 5.4 Orbital Velocity J1 (H 4cm; T 1.1s; d 40cm)



Gambar 5.5 Orbital Velocity J4 (H 4cm; T 1.1s; d 35cm)



Gambar 5.6 Orbital Velocity J7 (H 4cm; T 1.3s; d 40cm)

Kondisi variasi yang lain memiliki rentang yang bervariasi juga. Hal ini dapat dijelaskan oleh Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Hasil Kondisi Eksperimen

ID Eksperimen		$H_{1/3}$	$T_{1/3}$	U_{max} (m/s)	U_{min} (m/s)	$U_{1/3}$ (m/s)
J1	H4, T1.1, d40	0.0895	1.396	0.613	-0.455	0.272
J2	H5, T1.1 d40	0.0975	1.461	0.763	-0.716	0.288
J3	H6, T1.1 d40	0.1272	1.504	1.245	-0.971	0.370
J4	H4, T1.1 d35	0.1454	1.28	1.345	-1.092	0.490
J5	H5, T1.1 d35	0.1509	1.46	1.692	-1.605	0.542
J6	H6, T1.1 d35	0.1835	1.612	1.205	-2.209	0.671
J7	H4, T1.3 d40	0.1035	1.223	0.890	-1.059	0.378
J8	H5, T1.3 d40	0.124	1.366	1.375	-1.033	0.455
J9	H6, T1.3 d40	0.1261	1.53	1.745	-0.919	0.540

5.1.3 Perhitungan Tegangan Geser Dasar

Laju transportasi sedimen sangat dipengaruhi oleh dua parameter utama, yaitu *free stream velocity* dan ukuran butiran sedimen di daerah dasar. Kecepatan *free stream velocity* berupa aliran fluida pada kecepatan tertentu akan menimbulkan gesekan dengan lapisan permukaan dasar yang disebut sebagai tegangan geser dasar atau *bottom shear stress*. Tegangan geser dasar menyatakan besarnya gaya gesekan

yang ditimbulkan oleh *free stream velocity* dengan kecepatan tertentu terhadap permukaan dasar. Sehingga, tegangan geser dasar memiliki peranan yang sangat penting dalam perhitungan transportasi sedimen.

Pada penelitian ini yang akan dikaji hanya model tegangan geser dasar hingga laju transportasi sedimen tanpa menganalisa model turbulen karena cakupannya yang sangat luas.

Sebagaimana telah dijelaskan dalam bab sebelumnya bahwa perhitungan *bottom shear stress* ini menggunakan 2 metode yakni metode Neilsen (2002) (Persamaan 2.2) serta metode yang dikembangkan oleh Tanaka dan Samad (2006) (Persamaan 2.4). Perhitungan *bottom shear stress* menggunakan input *orbital velocity* yang didapatkan dari perhitungan data elevasi muka air sebelumnya. Fungsi shear stress memiliki parameter-parameter input tertentu. Parameter input tersebut antara lain frekuensi angular (σ), amplitudo orbital fluida yang berada di atas lapisan (a_m), masa jenis air (ρ), grain size (d_{50}), kekasaran dasar laut (k_s), tinggi kekasaran (Z_o), dan koefisien Von Karmans (k).

Tabel 5.3 Parameter Input Perhitungan *Shear Stress*

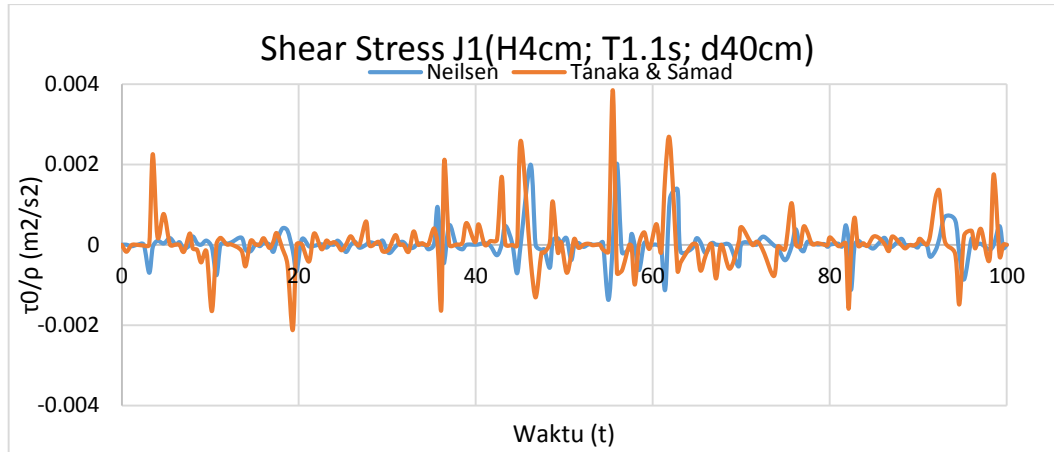
Frekuensi Angular (σ)	$2 \pi / T$
Amplitudo Orbital (a_m)	U_{\max} / σ
Massa Jenis Air (ρ)	1027 kg/m ³
Grain size (d_{50})	0.2 mm
Kekasaran dasar laut (k_s)	$2.5 * d_{50}$
Tinggi kekasaran (Z_o)	$k_s / 30$
Koefisien Von Karmans (k)	0.4

Dari perhitungan *orbital velocity* dan parameter input diatas selanjutnya dilakukan formulasi untuk mendapatkan faktor gesekan gelombang atau *wave friction factor*, (f_w). Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.5 dengan hasil pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Faktor Gesekan Gelombang (f_w)

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
f_w	0.0206	0.0189	0.0160	0.0155	0.0144	0.0161	0.0169	0.0135	0.0146

Faktor gesekan gelombang ini selanjutnya digunakan sebagai parameter input untuk perhitungan *bottom shear stress*.



Gambar 5.7 Grafik Perbandingan *Shear Stress* dari dua metode pada kondisi eksperimen J1

Dalam grafik pada gambar 4.7 diatas menunjukkan bahwa hasil perhitungan *shear stress* pada kondisi J1 ($H = 4$ cm, $T = 1.1$ s dan $d = 40$ cm) terdapat perbedaan hasil antara formula yang dikembangkan oleh Neilsen (2002) serta metode Tanaka dan Samad (2006). Nielsen (2002) mengembangkan metode perhitungan *shear stress* dengan mengubah perkalian antara f_w dan kuadrat *Orbital velocity* menjadi parameter baru yang disebut *friction velocity*, yang nantinya digunakan sebagai input dalam Persamaan umum tegangan geser dasar Nielsen (2002). *Friction velocity* sesaat ($U^*(t)$) tidak hanya penyederhaan dari penarikan *friction wave factor* dan kecepatan *Orbital*, akan tetapi juga sebagai bentuk modifikasi *Orbital velocity* yang mengalami pergeseran dengan beda fase ϕ dan penambahan efek percepatan. Beda fase dan efek percepatan inilah yang membedakan antara metode Nielsen (2002) dengan metode Tanaka dan Samad (2006).

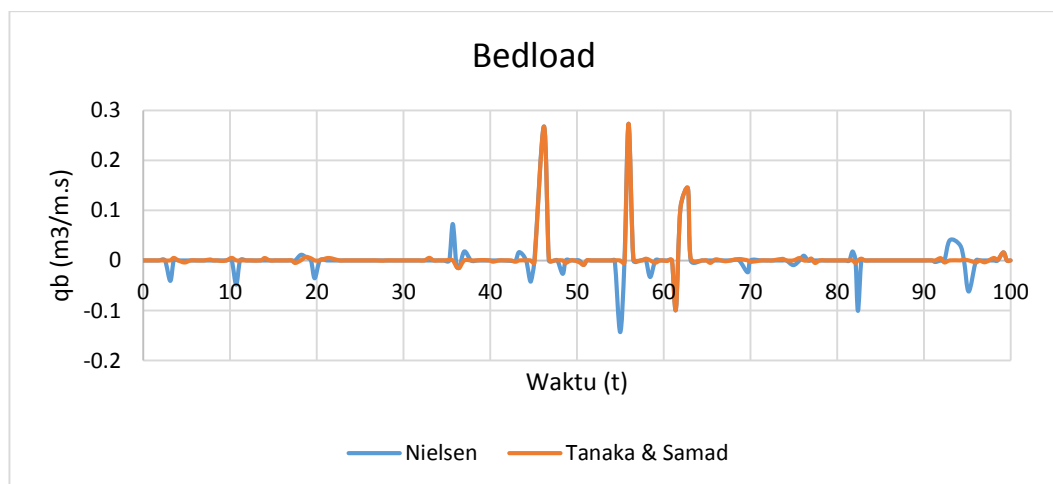
5.1.4 Perhitungan *Bed Load Sediment Transport*

Salah satu hal yang paling berpengaruh dalam menentukan laju *bedload sediment transport* adalah tegangan geser dasar. Hasil dari *bedload sediment transport* terdapat 2 jenis perhitungan sesuai dengan metode tegangan geser yang digunakan. Meski formulasi yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan besarnya *bedload sediment transport* adalah sama, yaitu formula yang

dikembangkan oleh Suntoyo dan Tanaka (2009). Sehingga, hasil *bedload sediment transport* dalam hitungan manual nanti akan dibedakan sesuai dengan metode yang digunakan dalam menentukan tegangan gesernya, yaitu metode Neilsen (2002) serta metode Tanaka dan Samad (2006).

Suntoyo dan Tanaka (2009) yang berdasarkan pada laju transportasi sedimen seketika di *bed load*, $q(t)$ diekspresikan sebagai fungsi *Shields number* $\tau^*(t)$. Parameter Shield sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecepatan orbital, massa jenis dan volume butiran sedimen (d_{50}^3) serta percepatan gravitasi. Hal ini sesuai dengan pembahasan Persamaan 2.10 pada Bab 2. Dengan demikian maka besarnya kecepatan orbital juga memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada besarnya laju *bedload sediment transport*.

Batasan kritis parameter Shield yaitu saat butiran sedimen mulai kehilangan stabilitasnya akibat gesekan geser dasar yang terjadi melebihi gaya gravitasi yang menahannya untuk bergerak. Nilai parameter Shield kritis ini seperti yang dihitung pada Persamaan (2.11). Jika parameter Shield yang terjadi pada suatu waktu melebihi parameter Shield kritis maka butiran akan bergerak dengan laju $\Phi(t)$ seperti yang dirumuskan pada Persamaan (2.10). Selanjutnya dari laju $\Phi(t)$ digunakan untuk menentukan besarnya q_b numeris yang nantinya akan digunakan sebagai media pembandingan terhadap hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 5.8 Grafik perbandingan nilai q_b numeris dengan dua metode pada kondisi eksperimen J1

5.2. Analisa Hasil Eksperimen

5.2.1 Pengaruh Variasi Tinggi dan Periode Gelombang Terhadap Laju *Bedload Sediment Transport* Pada Gelombang *Irregular*



Gambar 5.9 Grafik hubungan variasi tinggi gelombang terhadap *orbital velocity*, tegangan geser dasar dan laju *bedload sediment transport*

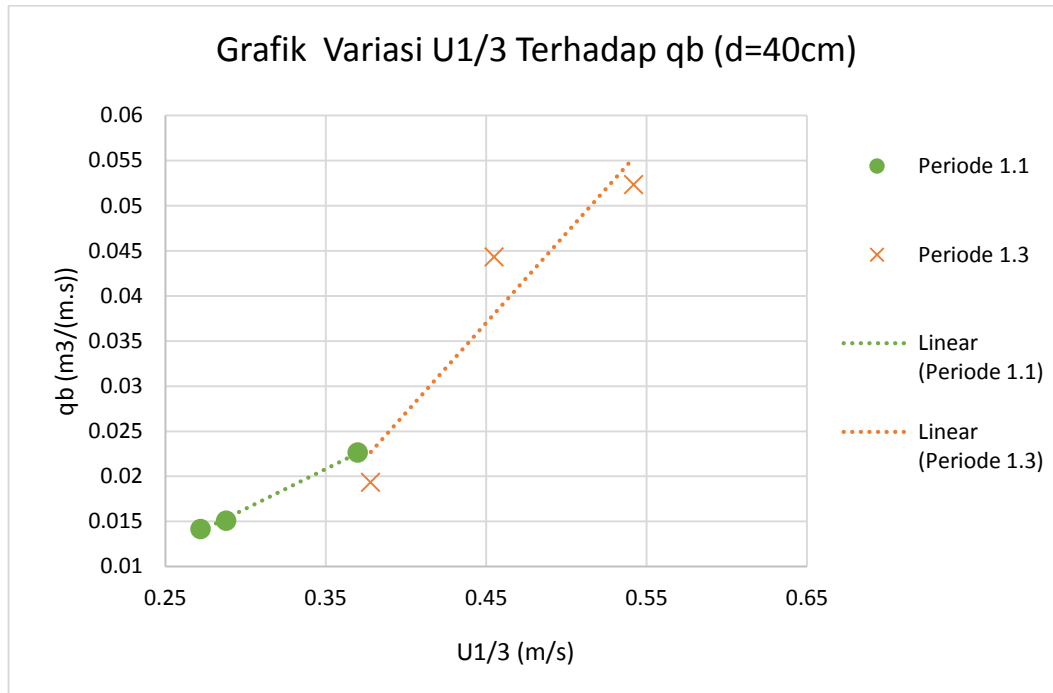
Grafik pada gambar 5.9 diatas menunjukkan hubungan antara tinggi dan periode gelombang terhadap *orbital velocity*, *shear stress*, dan laju *bed load sediment transport* (qb). Dari grafik dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai *orbital velocity* akibat perbedaan tinggi gelombang dengan periode yang sama. *Orbital velocity* akan meningkat seiring dengan tingginya gelombang. Meningkatnya *orbital velocity* akan berpengaruh terhadap tegangan geser sehingga mengakibatkan semakin besar pula rentang tegangan geser dan laju *bed load sediment transport*. Karena besar *orbital velocity* mempengaruhi gerakan gelombang hingga ke dasar laut sehingga pergerakan dari sedimen dan tegangan geser dasar pun berubah sesuai dengan gerakan gelombangnya.

Akan tetapi, yang perlu dilihat lebih lanjut adalah perbedaan metode perhitungan tegangan geser dan laju *bed load*. Karena masing-masing menggunakan dua metode yang berbeda yakni metode Neilsen (2002) dan Tanaka dan Samad (2006). Adanya perbedaan pada perhitungan tegangan geser dasar dari 2 metode tersebut mengakibatkan perbedaan pula pada hasil akhir laju *bedload sediment transport*.

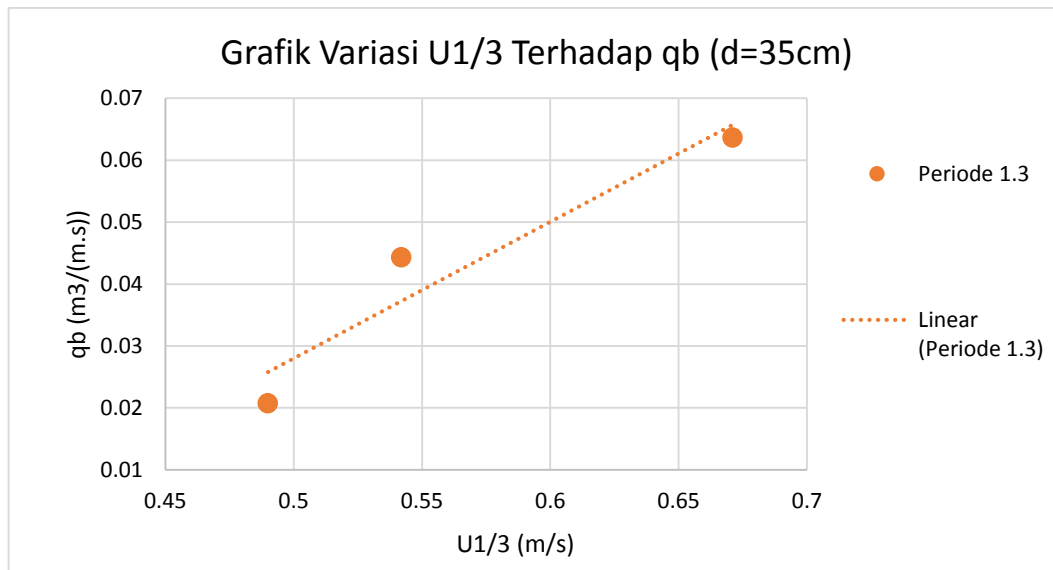
Metode Neilsen (2002) menggunakan *friction velocity* yang dipengaruhi efek percepatan memiliki rentang hasil yang lebih besar dibandingkan dengan metode Tanaka dan Samad (2006). Namun untuk mengetahui manakah metode yang paling tepat dan mendekati dari hasil eksperimen akan dibahas lebih lanjut pada sub bab selanjutnya.

Grafik perbandingan dari beberapa parameter terhadap *net sediment transport rate* berikut ini akan menjelaskan lebih lanjut. hubungan dan pengaruhnya. Pertama adalah hubungan antara *orbital velocity* terhadap laju *net bed load sediment transport*. Dalam hal ini kecepatan *orbital velocity*, $U(t)$, yang digunakan adalah nilai *orbital velocity* signifikan $U_{1/3}$. Karena gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelombang irregular.

Adapun hubungan antara *orbital velocity* signifikan $U_{1/3}$ dengan laju *net sediment transport* dapat dijelaskan dalam grafik berikut ini.



Gambar 5. 10 Hubungan variasi Orbital Velocity ($U_{1/3}$) terhadap laju transportasi sedimen (q_b) kedalaman 40 cm.

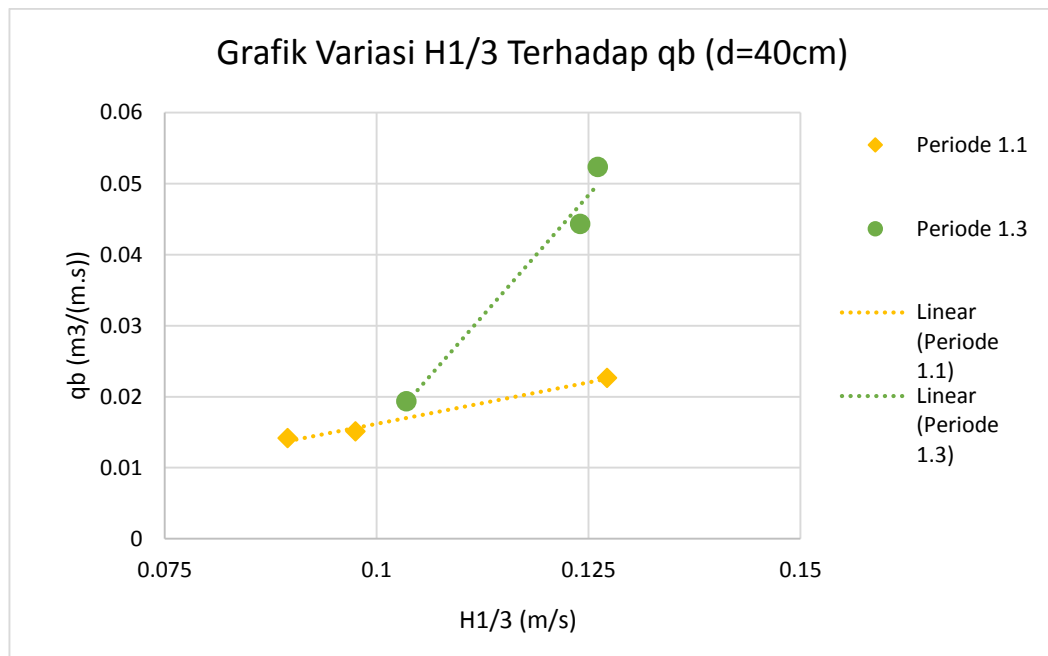


Gambar 5. 11 Hubungan variasi Orbital Velocity ($U_{1/3}$) terhadap laju transportasi sedimen (q_b) kedalaman 35 cm.

Pada gambar 5.10 dan gambar 5.11 menunjukkan hubungan antara orbital velocity dengan laju net sediment transport. Dari kedua grafik terlihat jelas bahwa

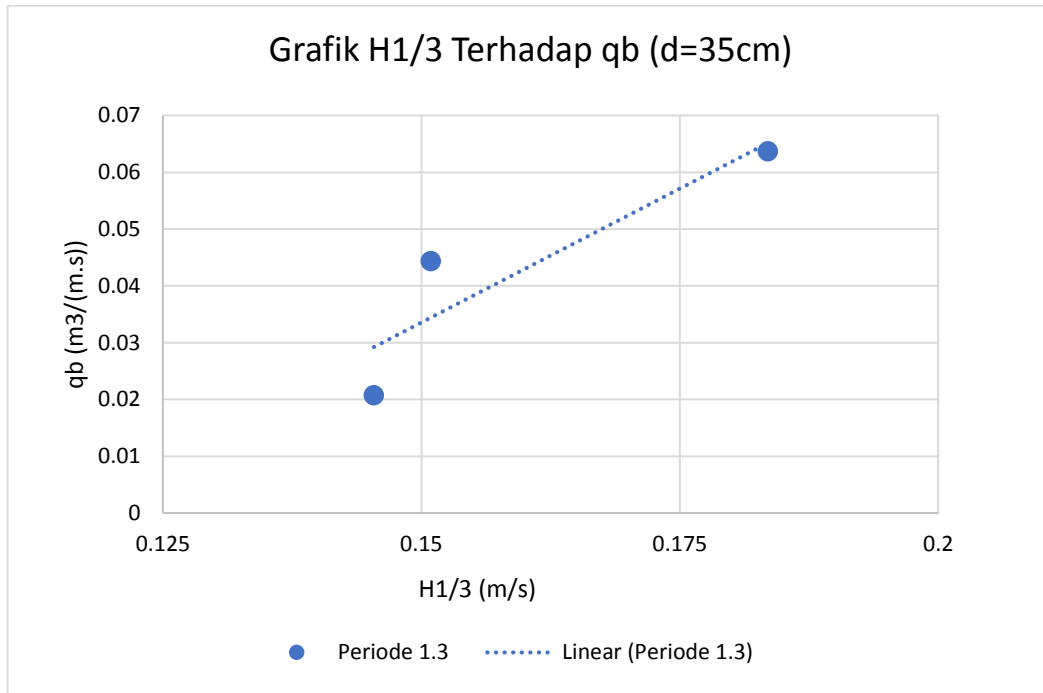
semakin tinggi nilai $U_{1/3}$ maka besar nilai laju sedimen juga semakin besar. Hal ini berlaku pada dua kondisi yang berbeda. Kondisi pertama variasi orbital velocity pada kedalaman 40 cm dengan periode yang berbeda. Dari grafik gambar 5.10 menunjukkan bahwa nilai orbital velocity pada periode pembangkitan T 1.3 lebih besar daripada T 1.1. Sehingga nilai laju qb juga berbeda dan periode T1.3 memiliki nilai yang lebih besar.

Kondisi kedua pada grafik gambar 5.11 pada kedalaman 35 cm menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai orbital velocity maka nilai laju *net sediment transport* juga semakin tinggi.

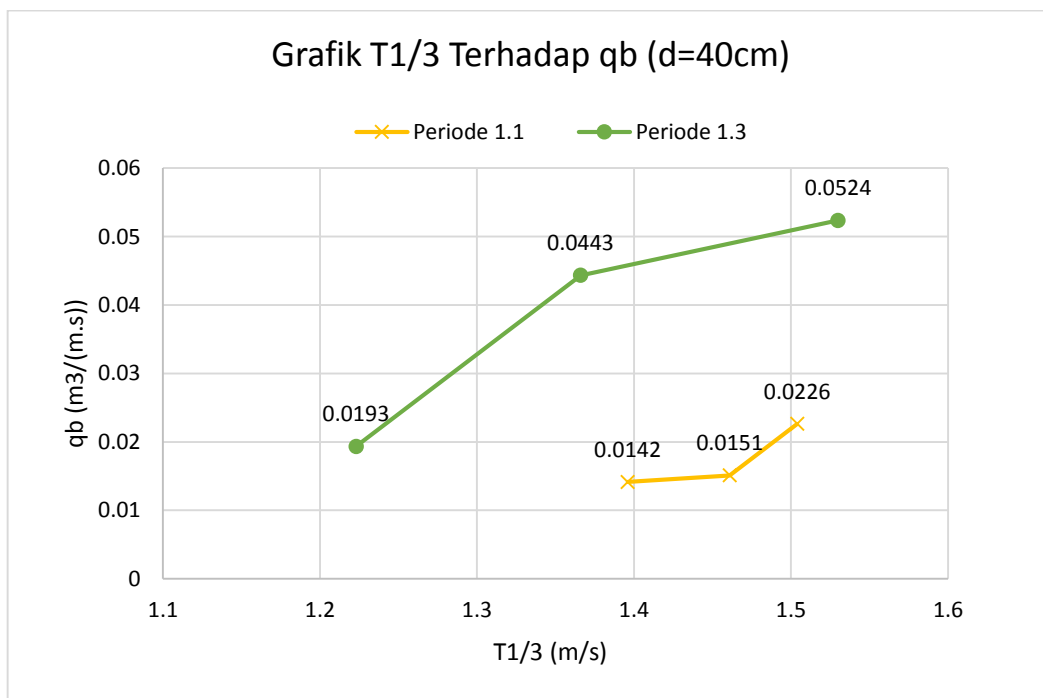


Gambar 5.12 Grafik hubungan Variasi tinggi gelombang ($H_{1/3}$) terhadap *net bed load sediment transport* pada kedalaman $d = 40$ cm.

Grafik pada gambar 5.12 dan gambar 5.13 menunjukkan bahwa variasi ketinggian ($H_{1/3}$) gelombang memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap laju transportasi sedimen. Semakin tinggi nilai $H_{1/3}$ maka semakin tinggi laju transportasi sedimen yang dihasilkan. Selain itu, grafik diatas menjelaskan bahwa perbedaan periode pembangkitan (T1.1 dan T1.3) juga membedakan besarnya laju transportasi sedimennya. Semakin tinggi periode pembangkitan semakin besar $H_{1/3}$ yang dihasilkan.



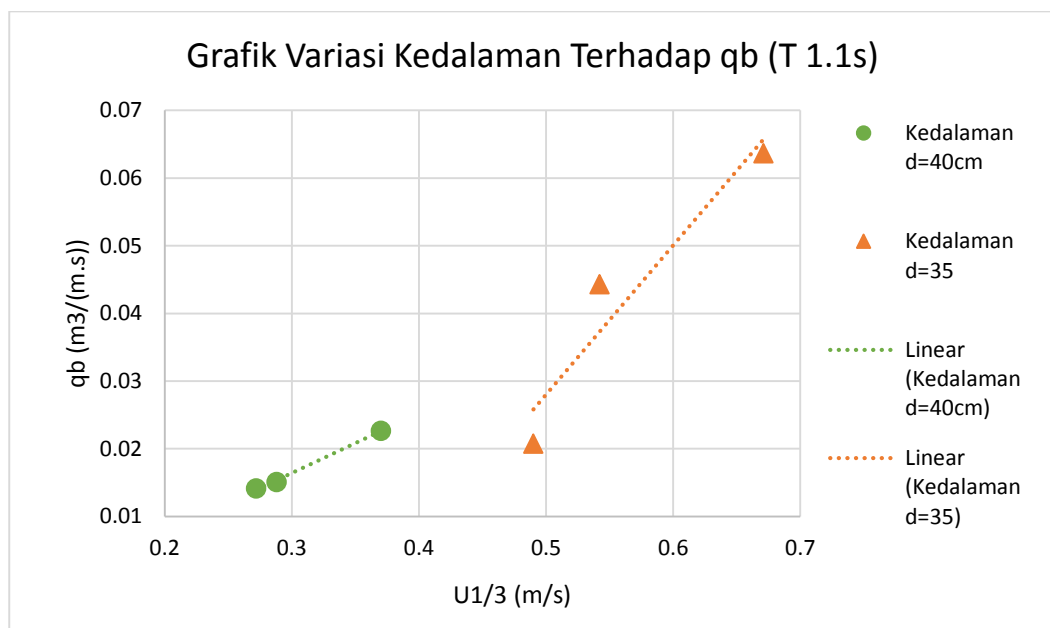
Gambar 5.13 Grafik hubungn Variasi tinggi gelombang ($H_{1/3}$) terhadap *net bed load sediment transport* pada kedalaman $d = 35$ cm.



Gambar 5.14 Grafik hubungn Variasi tinggi gelombang ($H_{1/3}$) terhadap *net bed load sediment transport* pada kedalaman $d = 40$ cm.

Parameter selanjutnya adalah pengaruh variasi periode gelombang terhadap laju *net bed load sediment transport* pada gelombang irregular. Grafik pada gambar 5.13 dan gambar 5.14 menjelaskan bahwa periode gelombang signifikan ($T_{1/3}$) juga memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap laju net bed load sediment transport. Hal ini dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa variasi periode gelombang signifikan memiliki pengaruh terhadap laju bed load sediment transport. semakin besar nilai $T_{1/3}$ maka semakin besar pula laju sedimen transportnya.

Selain variasi tinggi dan periode gelombang, salah satu parameter yang bisa dilihat pengaruhnya terhadap laju bed load sediment transport adalah kedalaman dari media penelitian. Hal ini dapat dijelaskan dengan grafik pada gambar berikut ini.



Gambar 5.15 Hubungan variasi kedalaman terhadap laju net sediment transport.

Grafik pada gambar 5.15 menunjukkan bahwa kedalaman sangat berpengaruh terhadap laju *sediment transport rate*. Dengan kedalaman yang lebih dangkal maka laju bedload sediment transport yang terjadi lebih besar. Hal ini disebabkan oleh adanya jarak yang lebih pendek dari permukaan dan dasar laut sehingga gaya yang menggerakkan sedimen lebih besar. Sedangkan semakin dalam

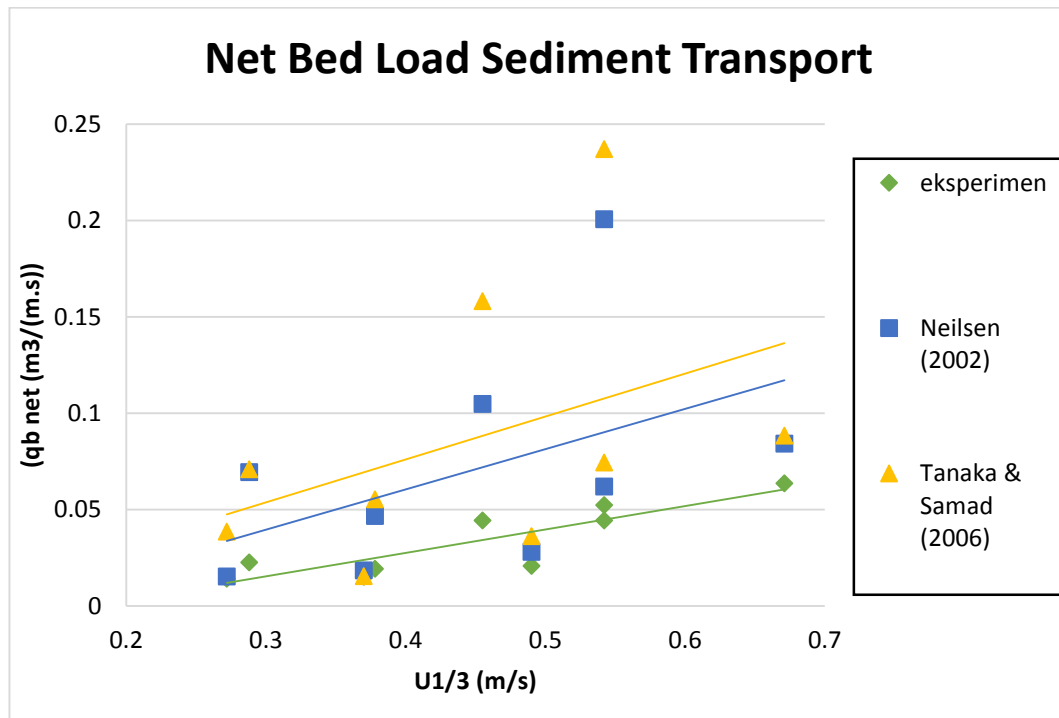
kedalaman maka laju bed load semakin kecil karena semakin ke dalam nilai orbital velocity gelombang akan semakin kecil mendekati nol.

5.2.2 Perbandingan Hasil Eksperimen dan Teori

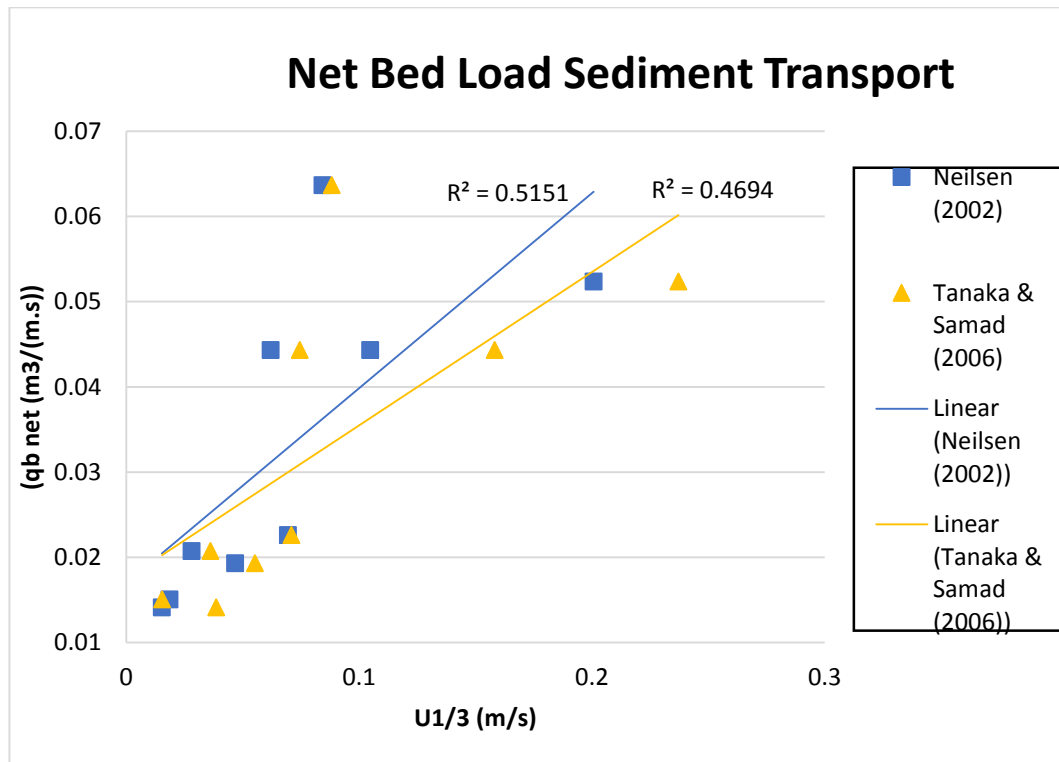
Untuk mengetahui metode perhitungan yang paling mendekati hasil eksperimen, maka 2 metode tersebut perlu dibandingkan dengan hasil eksperimen. Data eksperimen *bedload* didapat dengan cara menimbang berat kering kain sand trap sebelum dan sesudah eksperimen. Nilai $q_{b_{net}}$ dari hasil eksperimen dihitung dengan menggunakan persamaan yang diberikan oleh Dibajnia (1998). Sedangkan hasil $q_{b_{net}}$ dari hitungan manual didapat dari menghitung tegangan geser dasar dengan dua metode. Hasil tegangan geser dasar inilah kemudian digunakan untuk menghitung bedload sedimen transport dengan menggunakan metode Meyer-Peter Muller (1948). Terakhir, $q_{b_{net}}$ dari hitungan manual dan $q_{b_{net}}$ dari hasil eksperimen dibandingkan. Hasil perhitungan dan eksperimen tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.5 Perbandingan hasil perhitungan manual dan eksperimen

ID Eksperimen		$U_{1/3}$ (m/s)	t (s)	qb net (m ³ /(m.s))		
				Nielsen	Tanaka & Samad	Eksperimen
J1	H4, T1.1 d40	0.272	100	0.0150	0.0386	0.01415
J2	H5, T1.1 d40	0.288	100	0.0694	0.0710	0.01509
J3	H6, T1.1 d40	0.370	100	0.0185	0.0154	0.02264
J4	H4, T1.1 d35	0.490	100	0.0281	0.0362	0.02075
J5	H5, T1.1 d35	0.542	100	0.0620	0.0745	0.04434
J6	H6, T1.1 d35	0.671	100	0.0843	0.0883	0.06368
J7	H4, T1.3 d40	0.378	100	0.0467	0.0553	0.01934
J8	H5, T1.3 d40	0.455	100	0.1048	0.1582	0.04434
J9	H6, T1.3 d40	0.542	100	0.2007	0.2371	0.05236



Gambar 5.16 Perbandingan *net bedload sediment transport* hasil eksperimen dan hitungan manual berdasarkan Kecepatan Orbital Signifikan ($U_{1/3}$).



Gambar 5.17 Pendekatan perbandingan *net bedload sediment transport* hasil eksperimen dan perhitungan

Tabel 5.5 menunjukkan hasil perhitungan bed load sediment dari hitungan manual dan eksperimen. Dari table tersebut menunjukkan bahwa semakin besar tinggi gelombang dengan periode yang sama maka nilai orbital velocitynya semakin besar. semakin besar kecepatan orbital pada suatu gelombang maka *net bedload sediment transport* yang terbentuk semakin besar. Demikian juga pengaruh variasi periode gelombang terhadap nilai orbital velocity. Terlihat bahwa dengan kedalaman yang sama, semakin tingginya periode gelombang maka nilai orbital velocitynya semakin meningkat.

Tren yang ditunjukkan oleh eksperimen dan hasil hitungan manual, baik menggunakan Metode Neilsen (2002) maupun Metode Tanaka dan Samad (2006) pada **Gambar 5.17**, telah menunjukkan hasil yang sesuai. Jika melihat dari hasil yang ditampilkan, maka Metode Metode Neilsen (2002) lebih mendekati hasil dari $q_{b_{net}}$ dari eksperimen dengan nilai koefisien determinasi, $R^2 = 0.5151$ dibandingkan dengan nilai koefisien determinasi dari Metode Tanaka dan Samad (2006) yang bernilai $R^2 = 0.4694$.

Hal ini dikarenakan Neilsen (2002) telah menambahkan efek percepatan dalam metode perhitungan tegangan gesernya. Dengan ditambahkan efek percepatan ini maka faktor dalam menghitung tegangan geser akan lebih kompleks sehingga hasilnya pun akan lebih presisi dan mendekati kondisi hasil pada eksperimen.

Nilai *net bedload sediment transport* yang didapat dari hasil perhitungan dan hasil eksperimen masih terdapat perbedaan yang cukup jauh meski tren kurva hitungan manual maupun eksperimen hampir sama. Hal ini bisa disebabkan karena penggunaan metode hitungan yang belum sesuai sehingga perlu mencari metode yang lebih tepat dalam perhitungan, terutama perhitungan tegangan geser. Metode yang lebih tepat dapat dicari dengan cara menemukan formulasi baru ataupun melakukan modifikasi yang sesuai pada metode yang sudah ada sehingga hasil perhitungan bisa lebih akurat dan mendekati hasil eksperimen.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Orbital velocity dapat dihitung dengan menggunakan metode Fast Fourier Transform dengan input elevasi muka air. Hasilnya didapatkan bahwa nilai orbital velocity pada setiap kondisi eksperimen dengan nilai signifikan $U_{1/3}$ untuk J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8, J9 berturut-turut adalah 0.272 m/s, 0.288 m/s, 0.370 m/s, 0.490 m/s, 0.542 m/s, 0.671 m/s, 0.378 m/s, 0.455 m/s, 0.542 m/s.
2. Variasi tinggi dan periode gelombang memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap bad load sediment transport. Karena semakin besar nilai tinggi dan periode gelombang mengakibatkan semakin tingginya nilai orbital velocity. Semakin besar nilai orbital velocity akan berbanding lurus dengan rentang nilai dari tegangan geser. Sehingga berpengaruh terhadap laju bedload sediment transport.
3. Nilai koefisien determinasi yang didapatkan dari Metode Neilsen (2002) yaitu $R = 0.5151$ lebih besar dibandingkan dengan nilai koefisien determinasi dari Metode Tanaka dan Samad (2006) yaitu $R = 0.4694$. Semakin tinggi nilai koefisien determinasi maka semakin baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Metode Neilsen (2002) lebih tepat untuk digunakan dalam perhitungan *bedload sediment transport* pada gelombang irregular.

6.2 Saran

1. Pendekatan perhitungan *Orbital Velocity* dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) harus divalidasi dengan alat pengukur kecepatan gelombang secara langsung.

2. Studi lebih lanjut mengenai metode pendekatan *Bottom Shear Stress* untuk gelombang *irregular* sangat disarankan.
3. Penentuan nilai variasi tinggi dan periode pada elevasi muka air dengan cara manual membutuhkan waktu yang lama. Sehingga studi lebih lanjut mengenai pemrograman khusus untuk mendapatkan nilai orbital velocity sangat diperlukan.
4. Studi lebih lanjut tentang transportasi sediment dengan variasi metode yang lebih beragam perlu dilakukan.
5. Pengkalibrasian dalam setiap *running* gelombang sangat penting untuk dilakukan. Karena akan berpengaruh terhadap kesesuaian nilai elevasi yang akan digunakan dalam perhitungan numerik.

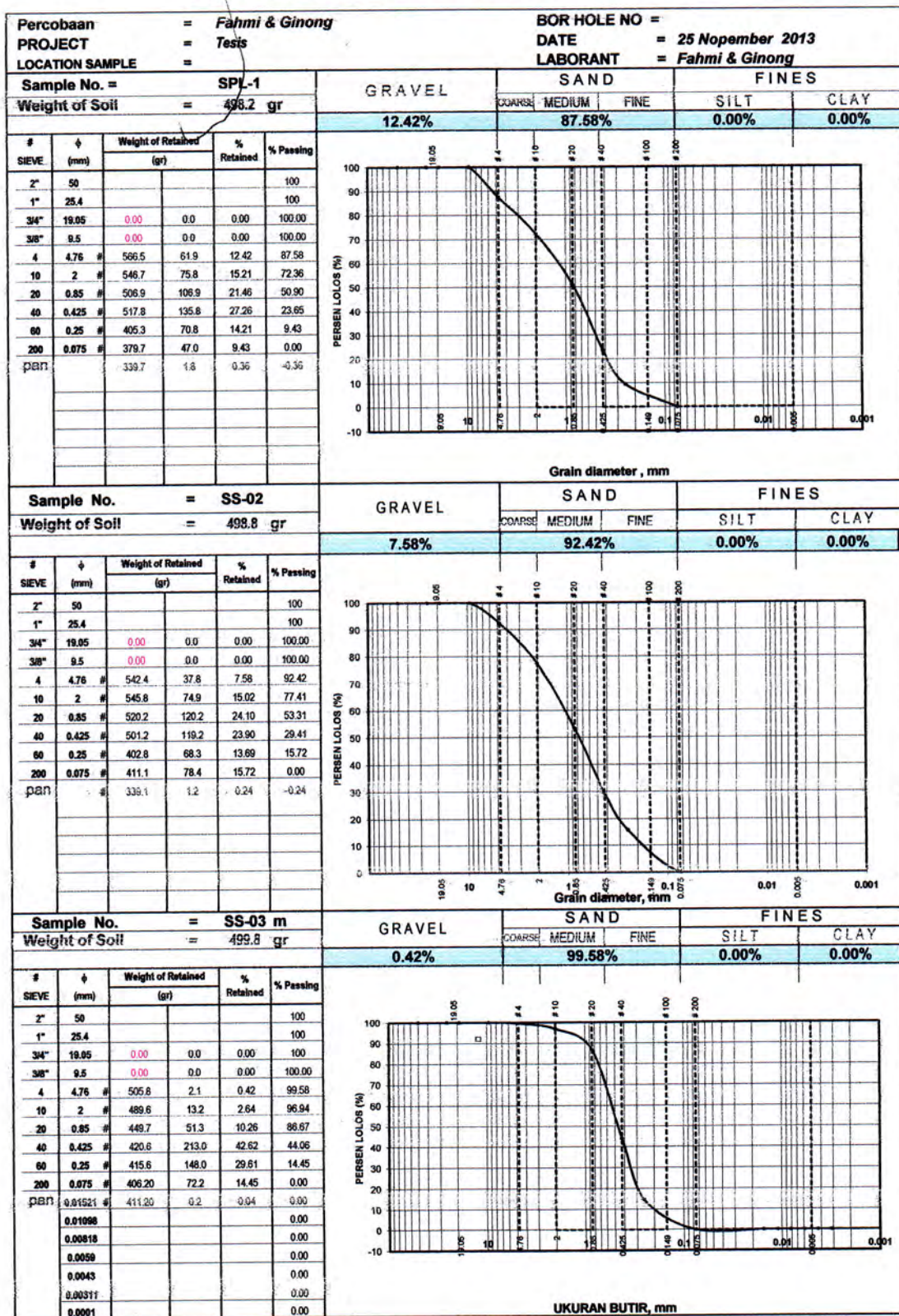
DAFTAR PUSTAKA

- Ahilan, R.V., dan Sleath, J.F.A., 1987. Sediment transport in oscillatory flow over flat beds, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE 113(3), 308-322.
- Dibajnia, M., dan Watanabe, A., 1998. Transport rate under irregular sheet flow conditions, *Coastal Engineering*, 35, 167-183.
- Fredsøe, J., dan Deigaard, R., 1992. *Mechanics of coastal sediment transport. Advanced Series on Ocean Engineering*, vol. 3. World Scientific Publication.
- Helmendach, S.S., 2013. Sediment Transport under Irregular Waves, *Thesis for the degree of Master in Science in Civil Engineering and Management, Faculty of Engineering Technology, University of Twente*, Twente.
- Kaczmarek, L.M. and Ostrowski, R., 1996. "Asymmetric and Irregular Wave Effects on Bedload: Theory versus Laboratory and Field Experiments", *Proc. 26th Intern. Conf. Coast. Eng.*, ASCE
- Liu, Zhou, 2001. *Sediment Transport*. Aalborg: Aalborg University, Hydraulic Laboratory.
- Nielsen, P., 2002. Shear stress and sediment transport calculations for swash zone modeling. *Coastal Engineering* 45, 53-60.
- Samad, M.A., dan Tanaka, H., 1999. Estimating instantaneous turbulent bottom shear stress under irregular wave, *Journal of Hydroscience dan Hydraulic Engineering*, 17(2), 107-126.
- Sorensen, R.M., 2006. *Basic coastal engineering*, 3rd edition, Springer, Pennsylvania.
- Suntoyo, Tanaka, H., dan Sana, A., 2008. Characteristics of turbulent boundary layers over a rough bed under saw-tooth waves dan its application to sediment transport, *Coastal Engineering*, 55, 1102-112.
- Suntoyo, Tanaka, H., 2009. Effect of bed roughness on turbulent boundary layer and net sediment transport under asymmetric waves, *Coastal Engineering*, Vol. 56(9), pp. 960-969.

- Tanaka, H., Chian, C. S. and Shuto, N., 1983. Experiments on an oscillatory flow accompanied with a unidirectional motion. *Coastal Engineering*, 26, 19-37.
- Suntoyo, Tanaka H., 2009. Numerical modeling of boundary layer flows for a solitary wave, *Journal of Hydro-environment Research*, Vol. 3(3), pp. 129-137, Elsevier.
- Tanaka, H. and Thu, A., 1994. Full-range equation of friction coefficient and phase difference in a wave-current boundary layer. *Coastal Engineering*, 22, 237-254.
- Tanaka, H., Suzuki, T., Suntoyo, dan Yamaji, H., 2002. Time-variation of bottom shear stress under irregular waves over rough bed, *Journal of Hydrosience dan Hydraulic Engineering*, 25(2), 217-225.
- Tanaka, H., dan Samad, M.A., 2006. Prediction of instantaneous bottom shear stress for turbulent plane bed condition under irregular wave, *Journal of Hydraulic Research*, 44 (1), 94-106.
- Yusroni, Eko, 2012. Kajian Permodelan Bed-load Sediment Transport untuk Gelombang Irregular, *Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS*, Surabaya.
- Yuliarga, Khoisya, 2014. Studi Eksperimen *Bed Load Sediment Transport* Akibat Pengaruh Orbital Velocity pada Gelombang Irregular, *Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS*, Surabaya.

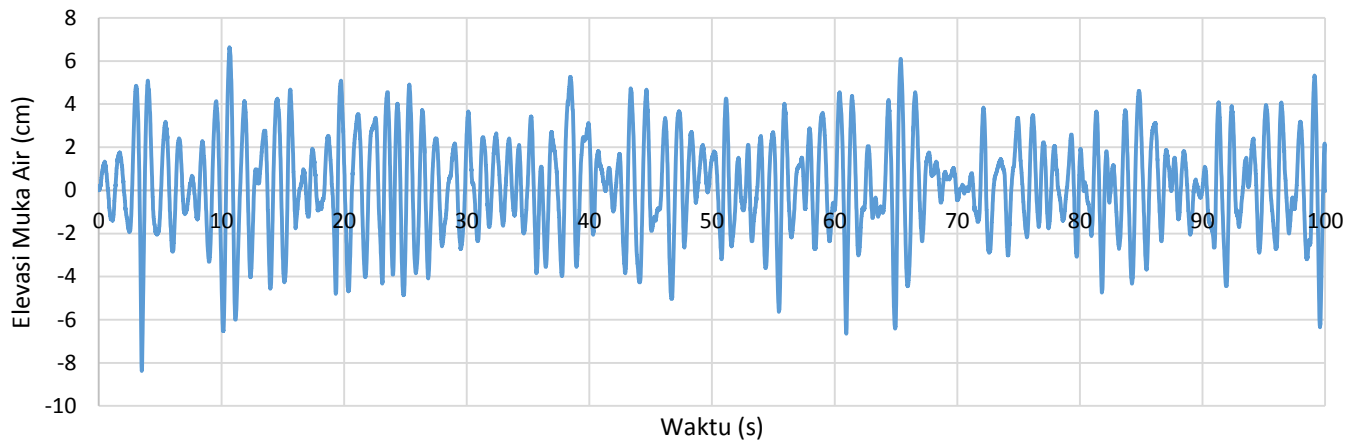


GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

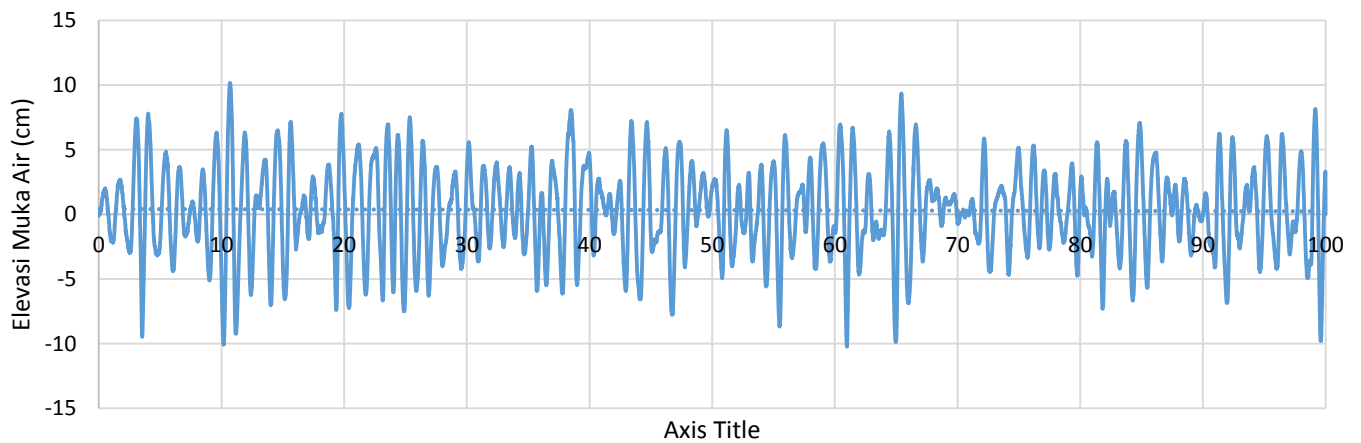


ELEVASI MUKA AIR HASIL EKSPERIMEN

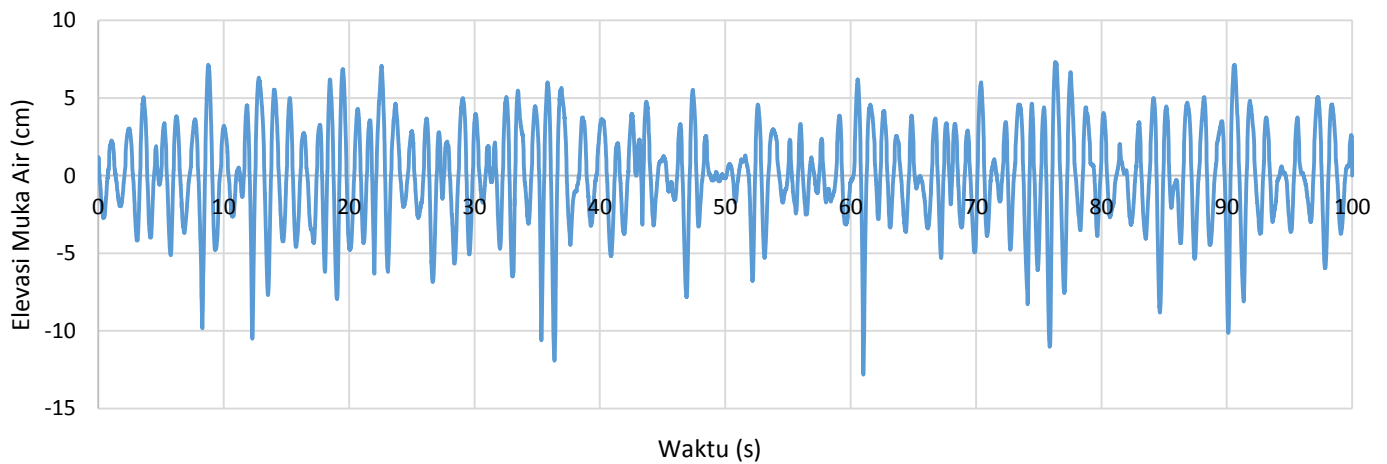
Elevasi J1 (H4; T1.1; d40)



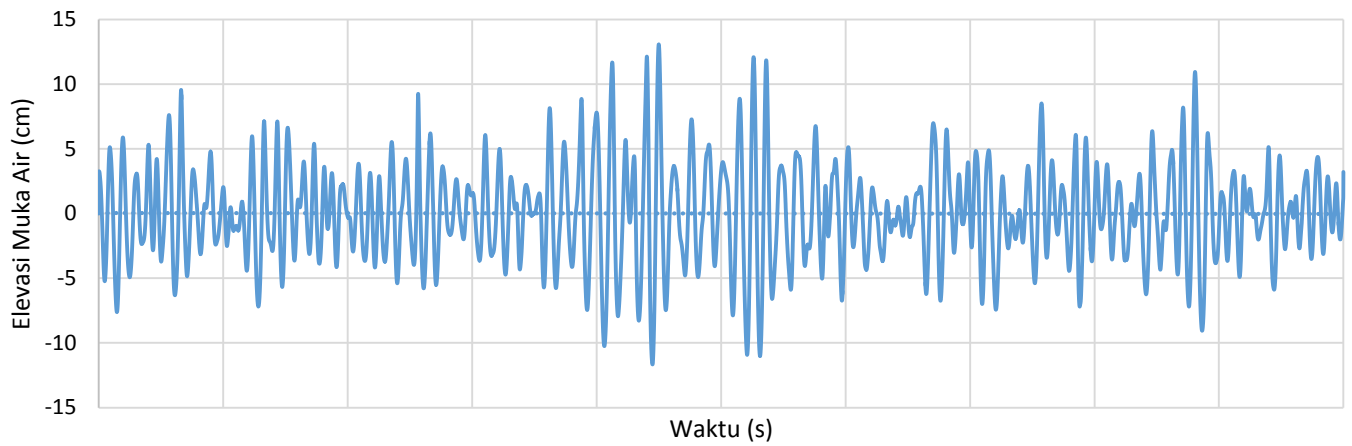
Elevasi J2 (H5; T1.1; d40)



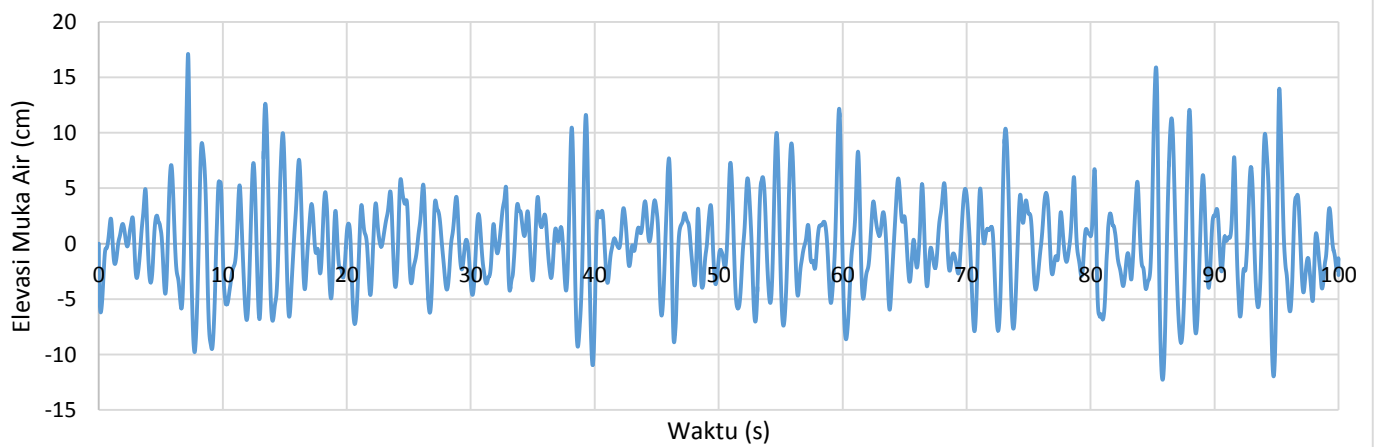
Elevasi J3 (H6; T1.1; d40)



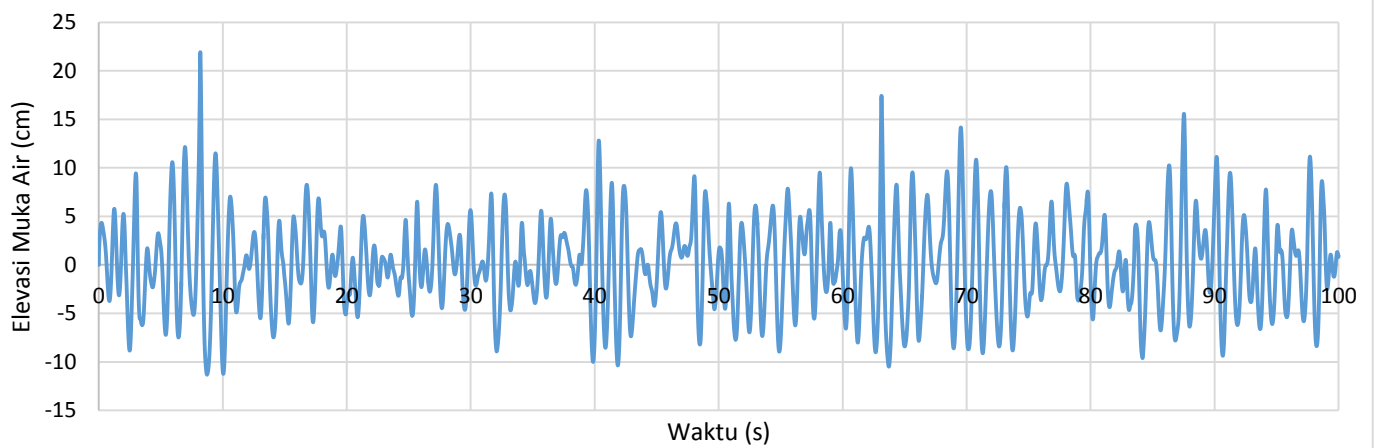
Elevasi J4 (H4; T1.1; d35)



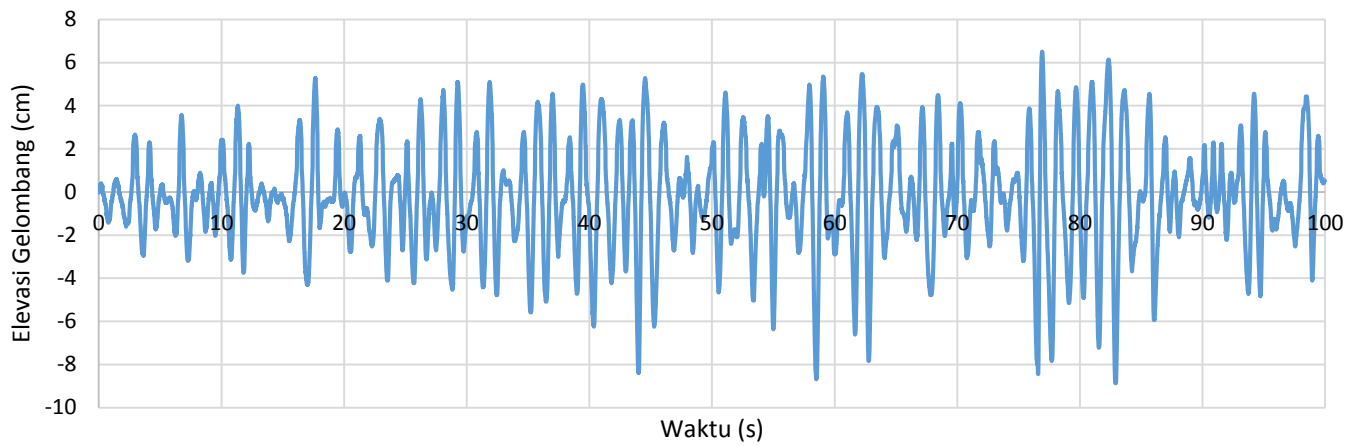
Elevasi J5 (H5; T1.1; d35)



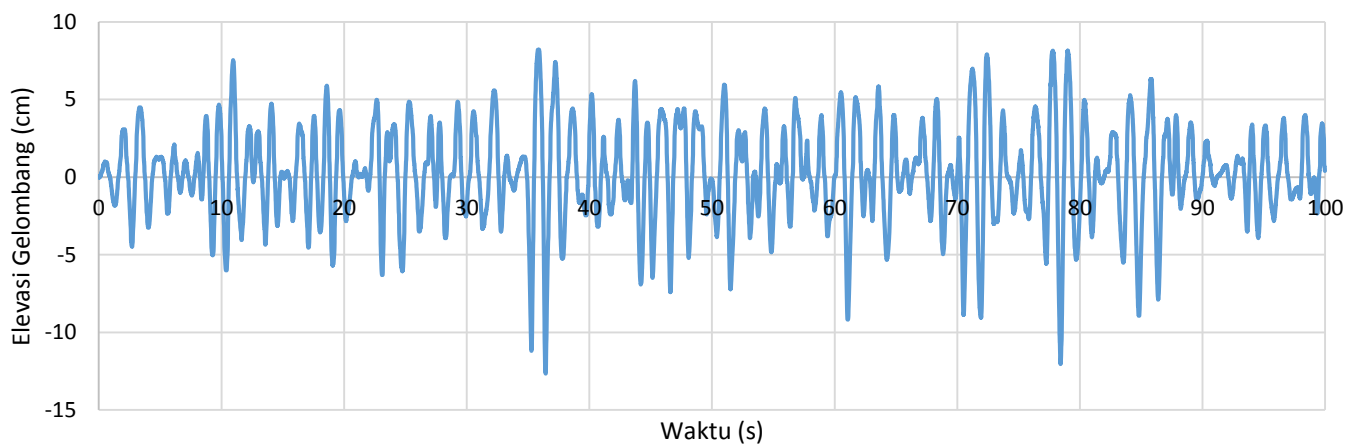
Elevasi J6 (H6; T1.1; d35)



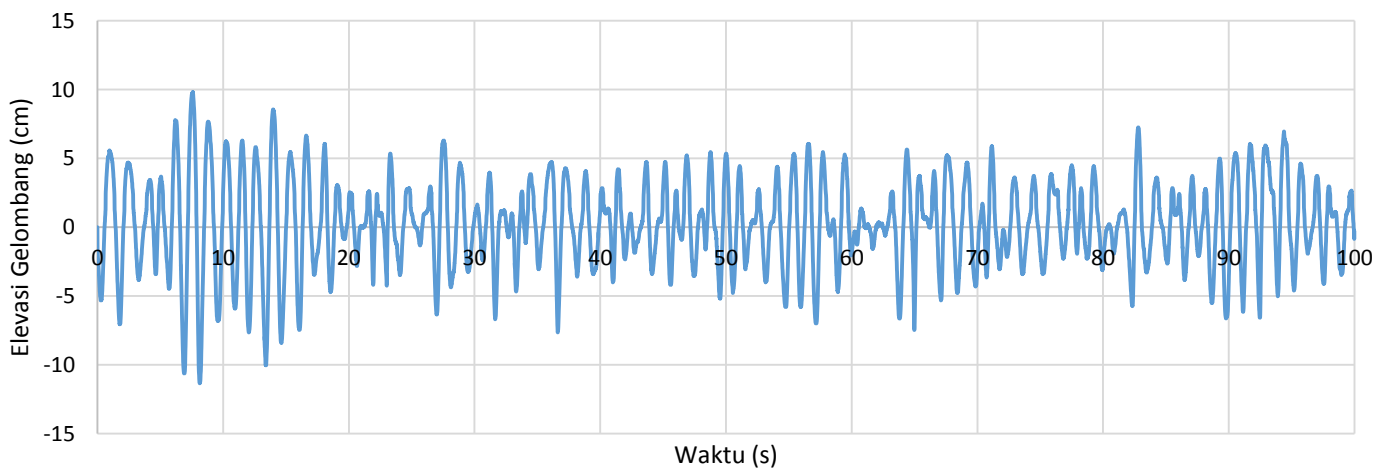
Elevasi J7(H4;t1.3;d40)



Elevasi J8(H5;t1.3;d40)



Elevasi J9(H6;t1.3;d40)



J1 (H4 T1.1 d40)

t (s)	U (m/s)	Tegangan Geser (m ² /s ²)		qb (m ³ /(m ² *s))	
		Neilsen (2002)	Tanaka & Samad (2006)	Neilsen (2002)	Tanaka & Samad (2006)
0	0	0	0	0	0
0.52	-0.130119	2.05248E-06	-0.00017319	0	0
1.1	-0.024915	-3.60052E-05	-6.35006E-06	0	0
1.79	-0.013368	7.68314E-07	-1.82813E-06	0	0
2.49	-0.0416	-4.1564E-07	-1.77024E-05	0	0
3.1	2.21E-05	-0.000697345	5.00291E-12	-0.040893	0
3.5	0.469822	-6.00306E-05	0.002257918	0	0.004950156
4.03	0.139855	9.90949E-05	0.000200077	0	0
4.74	0.273991	3.21871E-05	0.000767918	0	-0.004166901
5.44	0.024021	0.00016572	5.90229E-06	0	0
6.08	0.024156	6.55658E-06	5.96901E-06	0	0
6.53	-0.026095	6.4268E-05	-6.96535E-06	0	0
7.02	-0.130534	-9.5515E-05	-0.000174296	0	0
7.68	0.166019	-4.79692E-06	0.00028194	0	0.001814522
8.02	-0.091728	0.000207897	-8.60692E-05	0	0
8.52	-0.111227	3.71422E-05	-0.000126551	0	0
8.97	-0.207338	1.16818E-06	-0.000439745	0	-0.000908899
9.57	-0.127649	0.000103806	-0.000166679	0	0
10.18	-0.40188	-6.71232E-05	-0.001652094	0	0.005034976
10.7	0.039761	-0.000757848	1.61717E-05	-0.048347	0
11.15	0.130402	1.65558E-07	0.000173944	0	0
11.87	0.029044	2.80285E-05	8.62915E-06	0	0
12.38	0.027239	5.88103E-05	7.58977E-06	0	0
13.52	-0.120067	0.000178081	-0.000147466	0	0
13.98	-0.228592	-0.000120036	-0.000534519	0	0.004743364
14.56	0.097088	-0.000160433	9.64219E-05	0	0
15.13	0.014599	8.10564E-06	2.18022E-06	0	0
15.61	0.041633	-3.40637E-05	1.77303E-05	0	0
16.04	0.126726	4.23634E-05	0.000164275	0	0
16.67	-0.087176	6.31912E-06	-7.77383E-05	0	0
17.11	0.079938	-0.000177339	6.53657E-05	0	0
17.5	0.168989	7.91093E-05	0.000292119	0	-0.005100154
18.15	-0.095992	0.000407326	-9.42562E-05	0.0111634	0
18.72	-0.219788	0.000353724	-0.000494141	0.0069427	0.006942697
19.32	-0.455451	-0.000145969	-0.002121905	0	0.004155327
19.75	0.024102	-0.000653188	5.94221E-06	-0.035704	0
20.34	0.03899	0.000134748	1.55505E-05	0	0
21.16	-0.201557	-4.04383E-05	-0.000415564	0	0.004490461
21.73	0.166529	-2.7469E-05	0.000283675	0	0.003934279
22.57	-0.103677	1.25332E-05	-0.000109952	0	0
23.11	0.100221	-7.04266E-05	0.000102746	0	0
23.53	0.05667	8.64814E-07	3.2851E-05	0	0
24.01	0.080979	6.12322E-06	6.70786E-05	0	0
24.37	0.006985	0.000103025	4.9915E-07	0	0

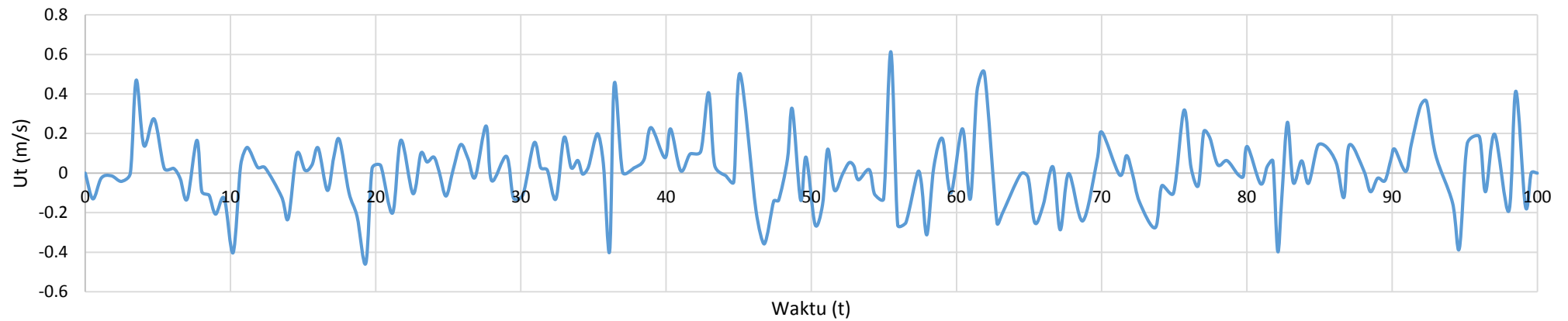
t (s)	U (m/s)	Tegangan Geser (m^2/s^2)		qb ($\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)	
		Neilsen (2002)	Tanaka & Samad (2006)	Neilsen (2002)	Tanaka & Samad (2006)
24.84	-0.115748	-1.44186E-07	-0.000137047	0	0
25.33	0.016857	-0.000180901	2.90672E-06	0	0
25.85	0.144366	-9.30217E-06	0.000213193	0	0
26.36	0.072784	7.07835E-05	5.41897E-05	0	0
26.85	-0.020155	-7.30452E-05	-4.15516E-06	0	0
27.6	0.238743	3.97011E-07	0.000583047	0	-0.00053153
27.98	-0.03755	6.37631E-05	-1.44234E-05	0	0
29.01	0.084913	2.00005E-05	7.37551E-05	0	0
29.49	-0.126009	0.000100718	-0.000162422	0	0
30.15	-0.106707	-0.000204779	-0.000116474	0	0
30.91	0.153452	-5.09496E-05	0.000240872	0	0
31.36	0.028193	5.07366E-05	8.13036E-06	0	0
31.82	0.01489	6.65728E-05	2.26803E-06	0	0
32.41	-0.130148	-7.04905E-05	-0.000173269	0	0
32.97	0.180321	-6.99941E-05	0.000332611	0	0.005059085
33.46	0.027956	3.57052E-05	7.99451E-06	0	0
33.92	0.06399	2.61249E-06	4.18856E-05	0	0
34.25	-0.004739	2.89378E-06	-2.29693E-07	0	0
34.65	0.031148	-0.000112263	9.9244E-06	0	0
35.27	0.199782	-1.07548E-06	0.000408279	0	0.000872421
35.68	0.046887	0.000939969	2.24876E-05	0.0730086	0
36.11	-0.394999	-0.000421005	-0.001596009	-0.012313	-0.012312557
36.43	0.452852	-0.000449622	0.002097759	-0.014807	-0.014806859
37	0.005808	0.000484731	3.45003E-07	0.0180272	0
37.78	0.026337	-1.07747E-05	7.09539E-06	0	0
38.48	0.068805	-0.000112807	4.84271E-05	0	0
38.95	0.230536	-5.45948E-07	0.000543649	0	0.000622929
39.92	0.078101	7.5492E-08	6.23954E-05	0	0
40.31	0.223516	9.80444E-06	0.000511044	0	-0.002540318
41	0.012598	4.26191E-05	1.62345E-06	0	0
41.65	0.096809	-2.68885E-05	9.58688E-05	0	0
42.39	0.110917	-0.000260399	0.000125845	-0.000788	0
42.93	0.406915	1.00726E-05	0.001693753	0	-0.002571905
43.34	0.040601	0.000470561	1.68621E-05	0.0167068	0
44.13	-0.014079	1.92607E-05	-2.02749E-06	0	0
44.66	-0.044088	-0.000710422	-1.98827E-05	-0.042471	0
45.09	0.503076	4.77776E-05	0.002588861	0	-0.004706856
46.19	-0.188895	0.001994643	-0.000364994	0.2680255	0.268025484
46.76	-0.35776	-4.12594E-06	-0.001309261	0	0.001687517
47.41	-0.141775	-0.000126441	-0.00020561	0	0
47.75	-0.136906	-0.000118301	-0.000191728	0	0
48.36	0.071847	-0.000572888	5.28031E-05	-0.02684	0
48.69	0.325075	0.000106282	0.001080962	0	-0.00495003
49.26	-0.134881	0.000163413	-0.000186099	0	0
49.64	0.080438	4.07037E-05	6.61862E-05	0	0
50.26	-0.260189	0.000162604	-0.000692501	0	-0.003657628

t (s)	U (m/s)	Tegangan Geser (m^2/s^2)		qb ($\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)	
		Neilsen (2002)	Tanaka & Samad (2006)	Neilsen (2002)	Tanaka & Samad (2006)
50.77	-0.160859	-0.000380723	-0.000264689	-0.009011	-0.009011006
51.13	0.121196	-1.61204E-05	0.00015025	0	0
51.59	-0.085738	4.36835E-05	-7.51946E-05	0	0
52.15	-0.004941	-5.10147E-05	-2.49722E-07	0	0
52.6	0.052696	-4.82126E-06	2.84047E-05	0	0
52.93	0.036437	1.9508E-05	1.35809E-05	0	0
53.24	-0.033636	1.03449E-06	-1.15728E-05	0	0
53.99	0.017471	1.42047E-05	3.12225E-06	0	0
54.36	-0.107007	5.9606E-05	-0.00011713	0	0
54.98	-0.129722	-0.001373069	-0.000172136	-0.143323	0
55.48	0.613447	3.81128E-05	0.003849426	0	-0.004408709
55.95	-0.262627	0.002019038	-0.000705538	0.2734219	0.273421877
56.51	-0.251058	-0.000185073	-0.000644751	0	0.002853029
57.34	0.006301	-9.66313E-05	4.06164E-07	0	0
57.6	-0.060818	0.00027115	-3.78366E-05	0.0014116	0
57.96	-0.31128	-1.99232E-05	-0.000991164	0	0.003466205
58.44	0.032396	-0.000630748	1.07358E-05	-0.033151	0
59.03	0.174404	4.4172E-05	0.000311139	0	-0.004608017
59.61	-0.100112	-6.09202E-06	-0.000102522	0	0
60.41	0.224382	1.76583E-06	0.000515015	0	-0.001114743
60.95	-0.130728	-9.31494E-05	-0.000174816	0	0
61.41	0.414142	-0.00110429	0.001754446	-0.097875	-0.097875383
61.93	0.503836	0.00114603	0.002596693	0.1045578	0.104557801
62.79	-0.25244	0.001378428	-0.000651864	0.1442851	0.144285072
63.12	-0.209704	-0.000156482	-0.000449838	0	0.003850958
64.41	-0.005614	-9.40034E-05	-3.2245E-07	0	0
64.93	-0.021812	0.000160648	-4.86649E-06	0	0
65.39	-0.250607	5.81336E-05	-0.000642435	0	-0.004920959
65.96	-0.164023	-0.000207553	-0.000275201	0	0.001909744
66.64	0.03197	3.95505E-05	1.04554E-05	0	0
67.14	-0.286514	4.33976E-06	-0.000839718	0	-0.001729161
67.72	-0.002142	-5.36963E-06	-4.69498E-08	0	0
68.69	-0.24159	-1.16384E-05	-0.000597034	0	0.00274625
69.69	0.069182	-0.000542446	4.89587E-05	-0.023684	0
70	0.207965	1.46949E-05	0.000442409	0	-0.003045654
71.24	-0.009582	3.80583E-05	-9.39121E-07	0	0
71.71	0.088698	-5.88653E-08	8.04761E-05	0	0
72.13	-0.006812	0.000146712	-4.74689E-07	0	0
72.6	-0.145733	0.000197333	-0.000217249	0	0
73.69	-0.275696	-1.54968E-05	-0.000777506	0	0.003116813
74.14	-0.063497	-8.11714E-05	-4.12434E-05	0	0
74.95	-0.09983	-0.000384827	-0.000101946	-0.009336	0
75.67	0.318591	-5.00883E-05	0.001038266	0	0.004763202
76.15	0.030304	0.000387137	9.3938E-06	0.0095198	0
76.65	-0.063124	-8.42992E-05	-4.07596E-05	0	0
77.03	0.209492	-0.000161626	0.000448927	0	0.003689299

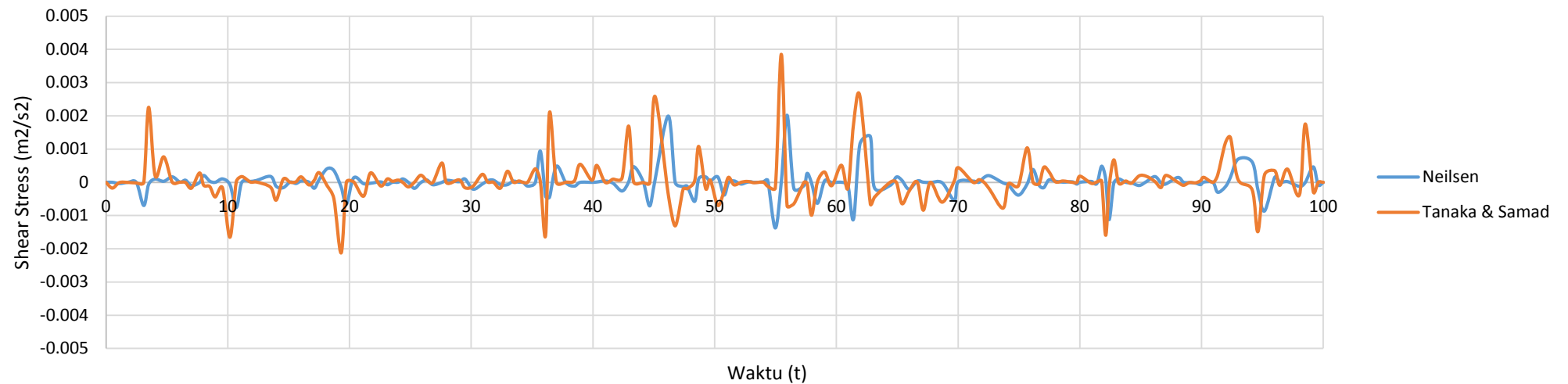
t (s)	U (m/s)	Tegangan Geser (m ² /s ²)		qb (m ³ /(m ² *s))	
		Neilsen (2002)	Tanaka & Samad (2006)	Neilsen (2002)	Tanaka & Samad (2006)
77.45	0.178532	7.11128E-05	0.000326044	0	-0.005066974
77.99	0.042292	3.48407E-05	1.8296E-05	0	0
78.63	0.063299	5.67581E-06	4.09855E-05	0	0
79.37	-0.005224	1.69532E-05	-2.79161E-07	0	0
79.75	-0.016329	-5.1982E-05	-2.7274E-06	0	0
80.02	0.134762	3.13197E-06	0.000185771	0	0
80.94	-0.053534	2.79681E-05	-2.93158E-05	0	0
81.4	0.033506	-3.53202E-05	1.14839E-05	0	0
81.79	0.060835	0.000485806	3.78573E-05	0.0181286	0
82.12	-0.394679	0.00010316	-0.001593421	0	-0.004985619
82.4	-0.127283	-0.001123141	-0.000165723	-0.100876	0
82.79	0.257131	-1.96517E-05	0.000676321	0	0.003446641
83.19	-0.047023	0.000102379	-2.26185E-05	0	0
83.77	0.062197	2.62224E-08	3.95711E-05	0	0
84.24	-0.051512	-1.51329E-05	-2.71431E-05	0	0
84.88	0.138656	-9.44504E-05	0.000196661	0	0
85.46	0.133689	2.0523E-05	0.000182823	0	0
86.17	0.048012	0.000174123	2.35801E-05	0	0
86.68	-0.122911	-2.23946E-05	-0.000154533	0	0
87.05	0.142335	-5.12667E-05	0.000207235	0	0
88.05	0.01266	0.000147899	1.63958E-06	0	0
88.51	-0.093466	4.37753E-06	-8.93616E-05	0	0
89	-0.025827	-8.13208E-06	-6.82308E-06	0	0
89.51	-0.037677	-2.40196E-05	-1.45208E-05	0	0
89.92	0.069909	-6.8821E-05	4.99922E-05	0	0
90.18	0.121466	9.16142E-06	0.000150921	0	0
90.94	0.008648	-1.48142E-06	7.6496E-07	0	0
91.32	0.14485	-0.000297583	0.000214623	-0.003044	0
91.95	0.339584	-0.000135375	0.001179607	0	0.004424757
92.37	0.362796	0.000149739	0.001346381	0	-0.004050295
92.99	0.094707	0.000693913	9.17497E-05	0.0404821	0
94.16	-0.149426	0.000611217	-0.000228398	0.0309762	0
94.63	-0.380842	-0.000222895	-0.001483653	0	0.001192869
95.17	0.147997	-0.000862944	0.00022405	-0.062187	0
96.01	0.184853	0.000151116	0.000349539	0	-0.004010773
96.43	-0.094098	-2.82318E-07	-9.05732E-05	0	0
97.06	0.19719	2.31555E-05	0.000397752	0	-0.003683437
98.04	-0.19158	-0.000120941	-0.000375441	0	0.004727047
98.52	0.414339	-2.96692E-06	0.001756119	0	0.001437852
99.18	-0.167233	0.00046474	-0.000286081	0.0161724	0.016172361
99.58	0.000473	-7.45742E-05	2.28408E-09	0	0
100	0	5.95331E-10	0	0	0

KURVA HASIL PERHITUNGAN

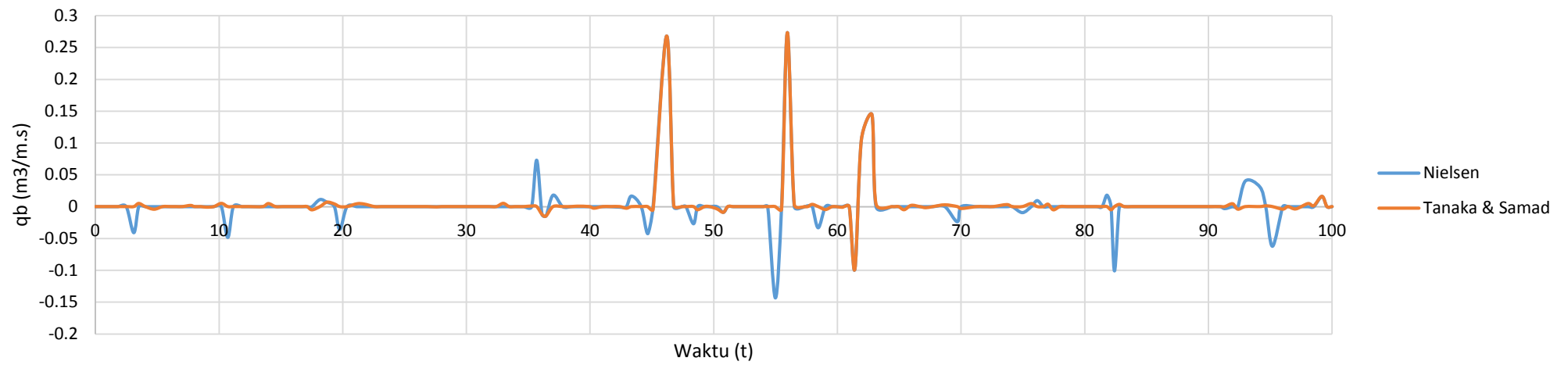
Orbital Velocity J1 (H4-T1.1-d40)



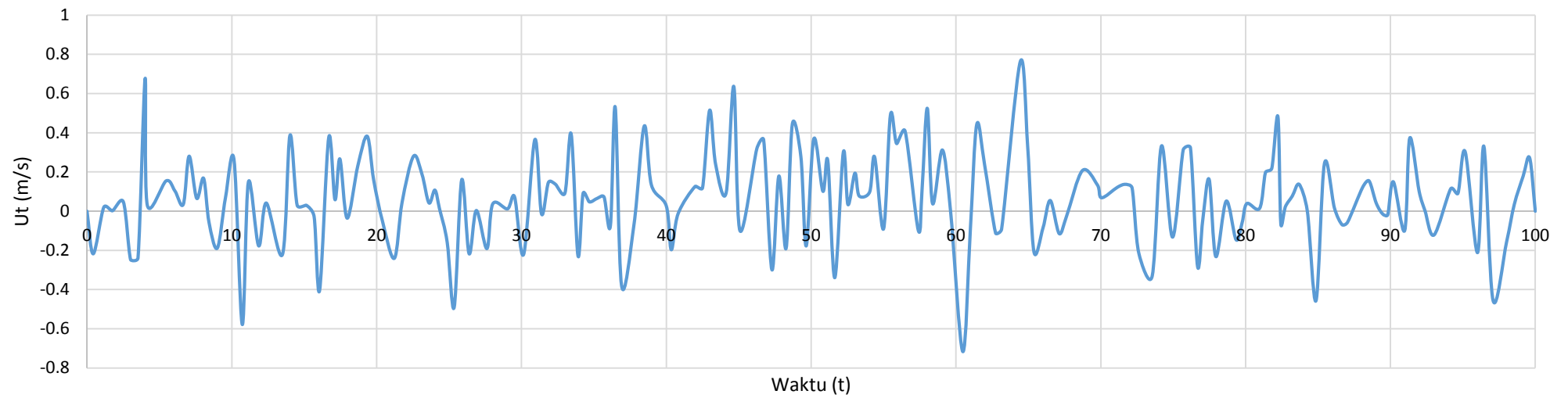
Shear Stress J1



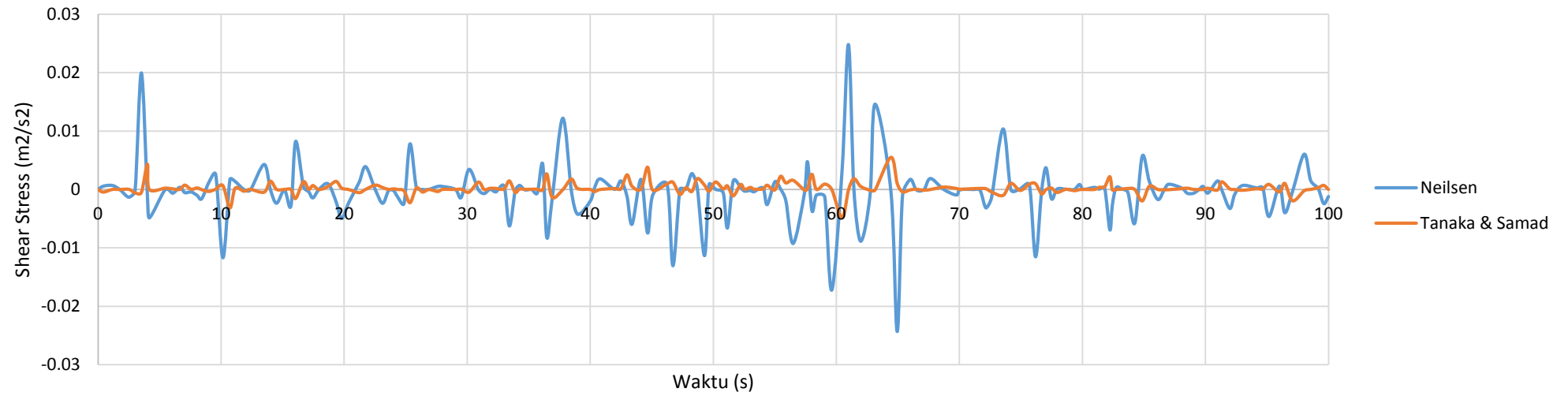
Bedload J1



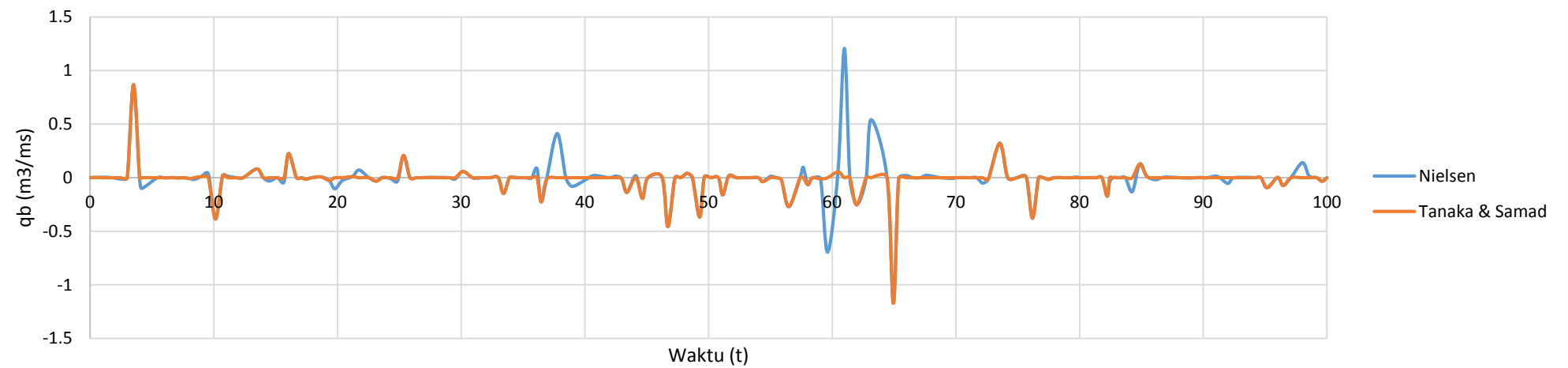
Orbital Velocity J2 (H5-T1.1-d40)



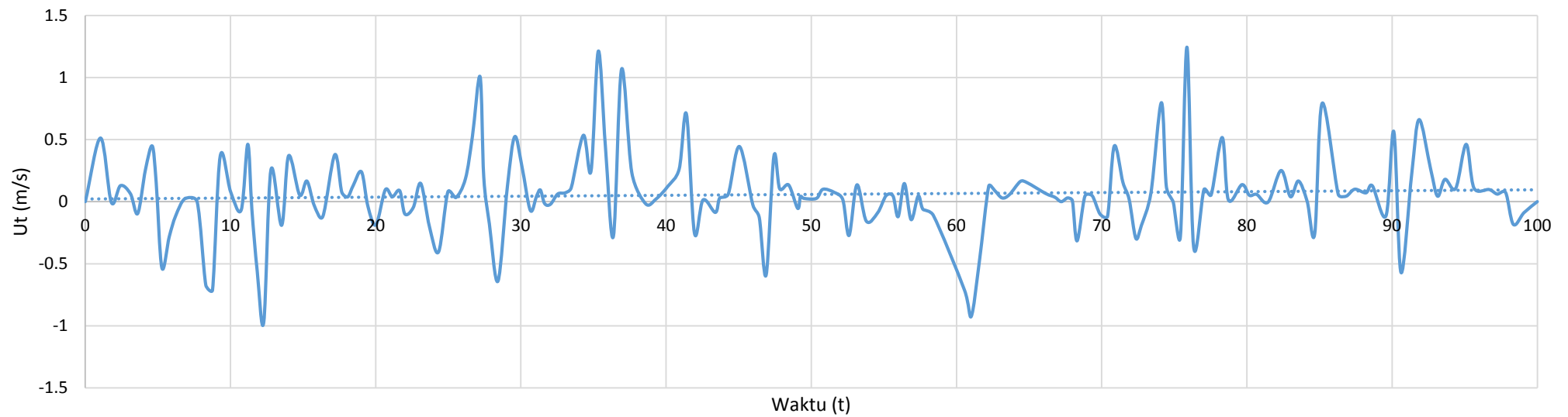
Shear Stress J2 (H5-T1.1-d40)



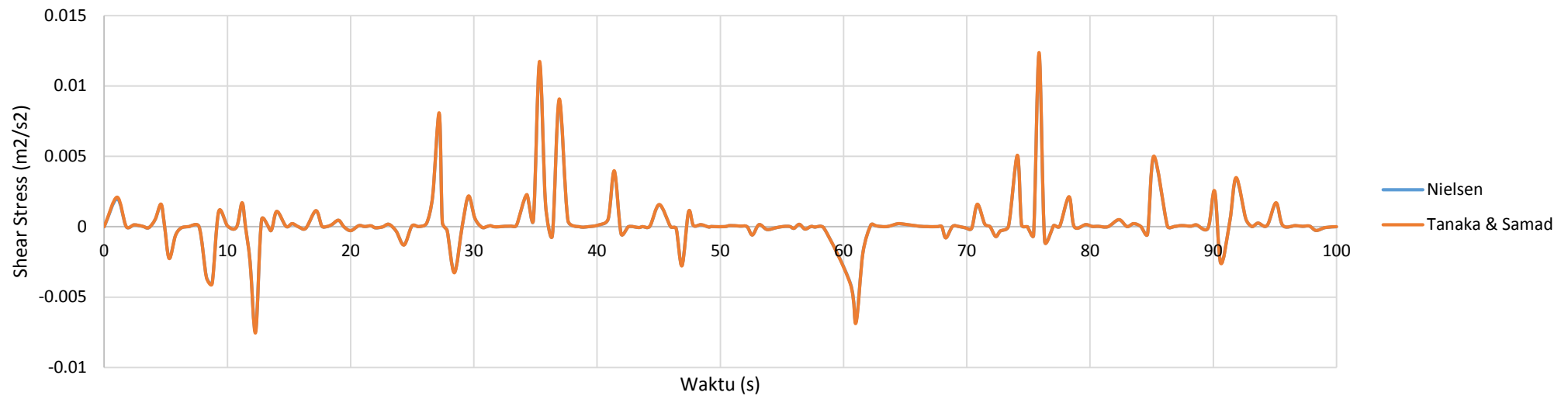
Bed Load J2 (H5-T1.1-d40)



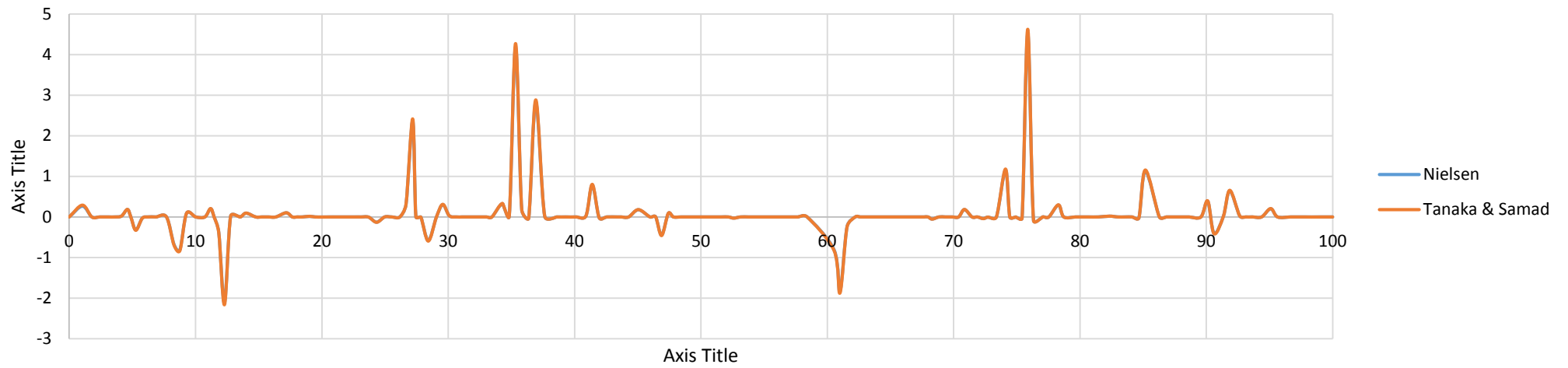
Orbital Velocity J3 (H6-T1.1-d40)



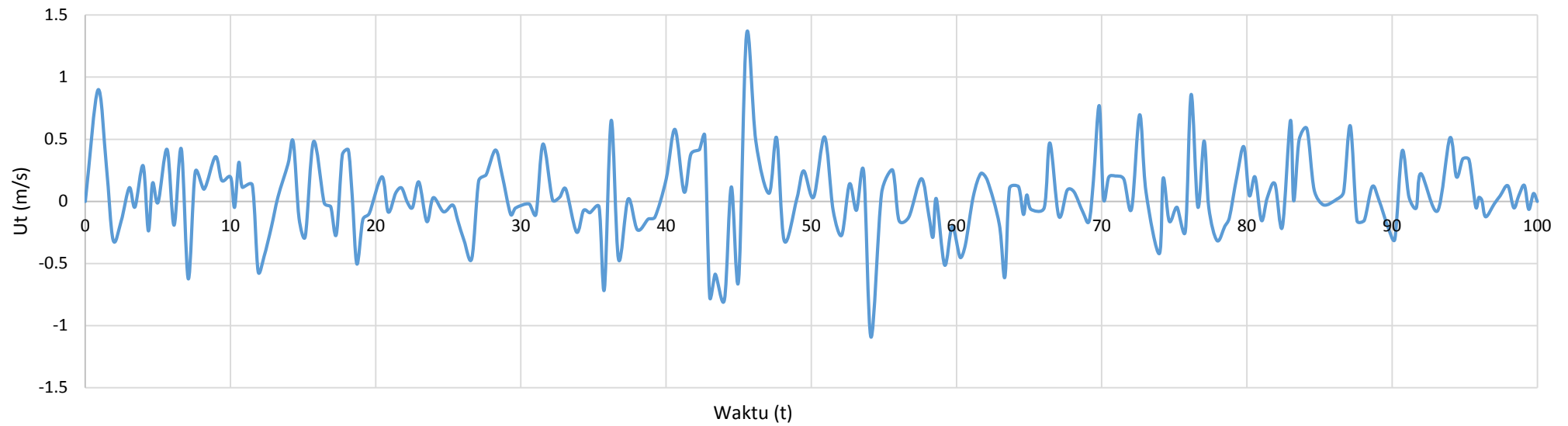
Shear Stress J3 (tho/rho)



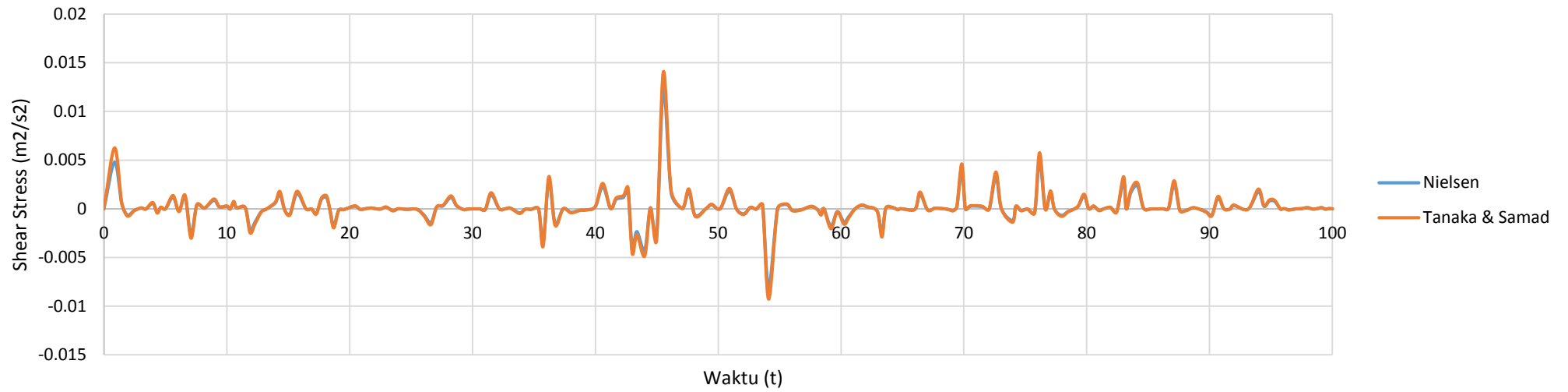
Bed Load J3



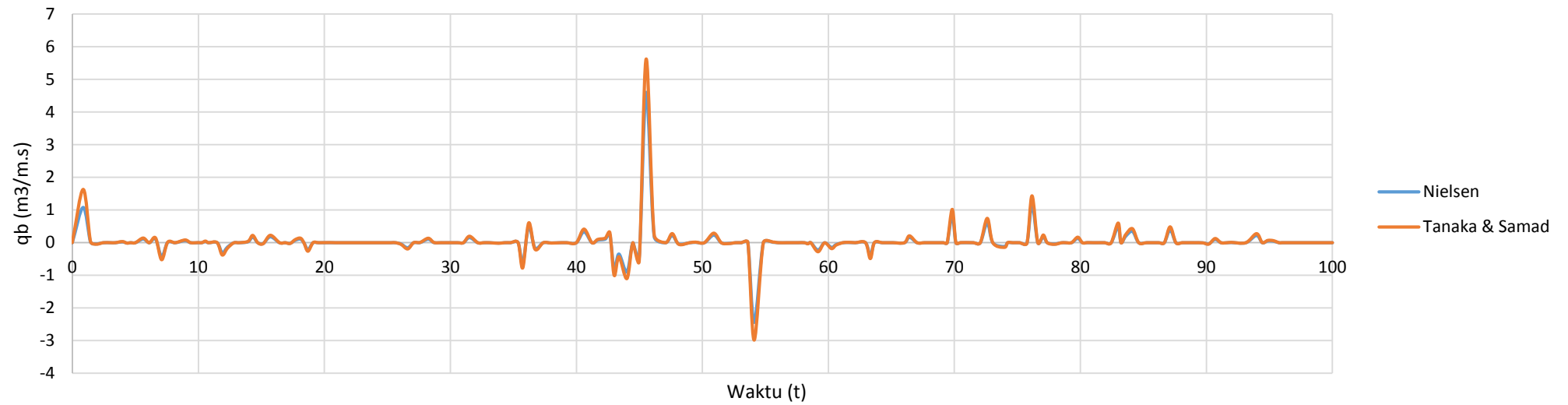
Orbital Velocity J4 (H4-T1.1-d35)



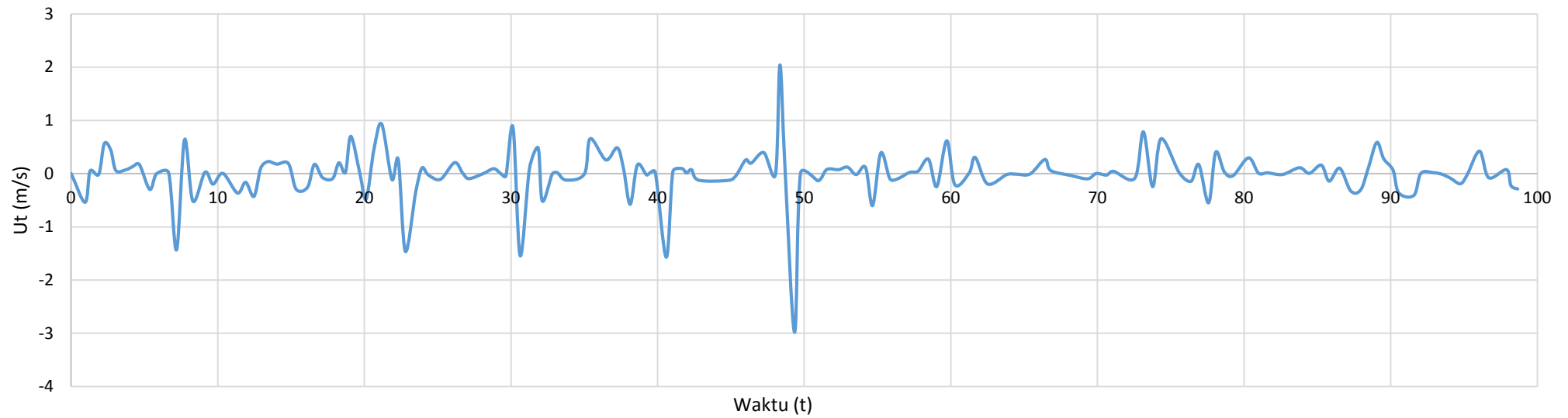
Shear Stress J4 (tho/rho)



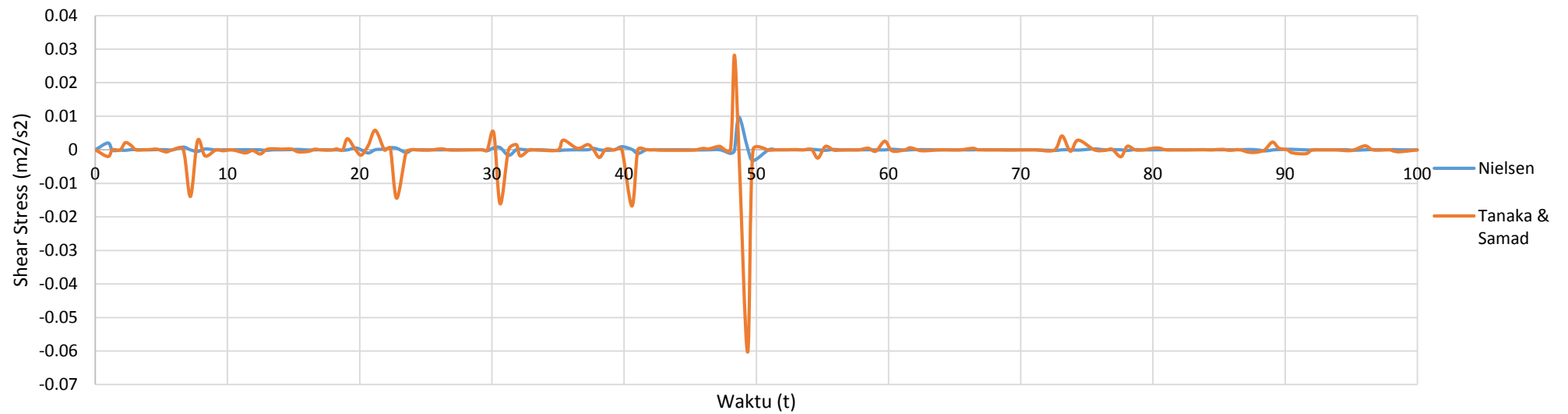
Bed Load J4



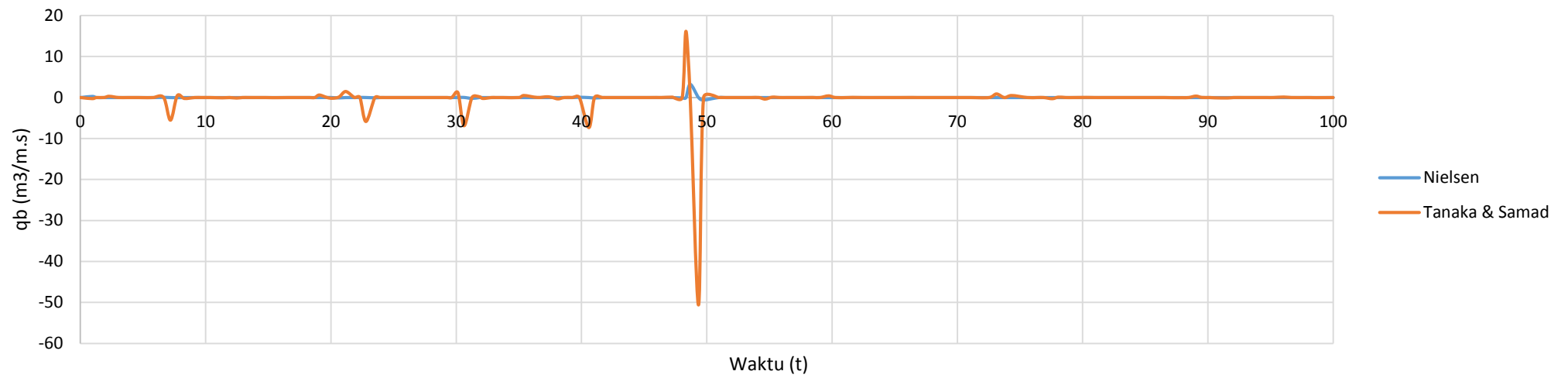
Orbital Velocity J5 (H5-T1.1-d35)



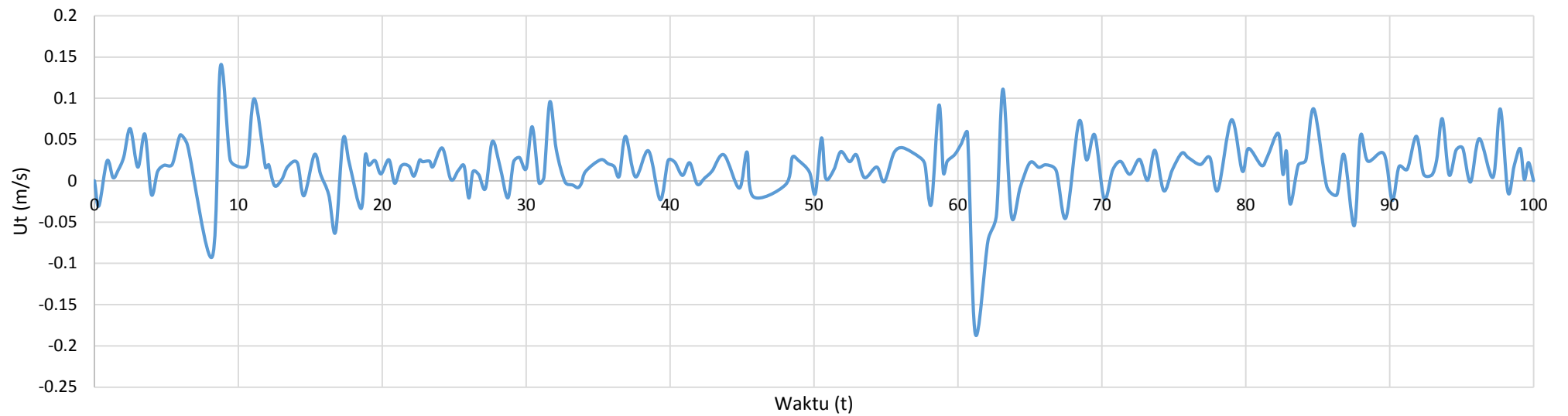
Shear Stress J5 (tho/rho)



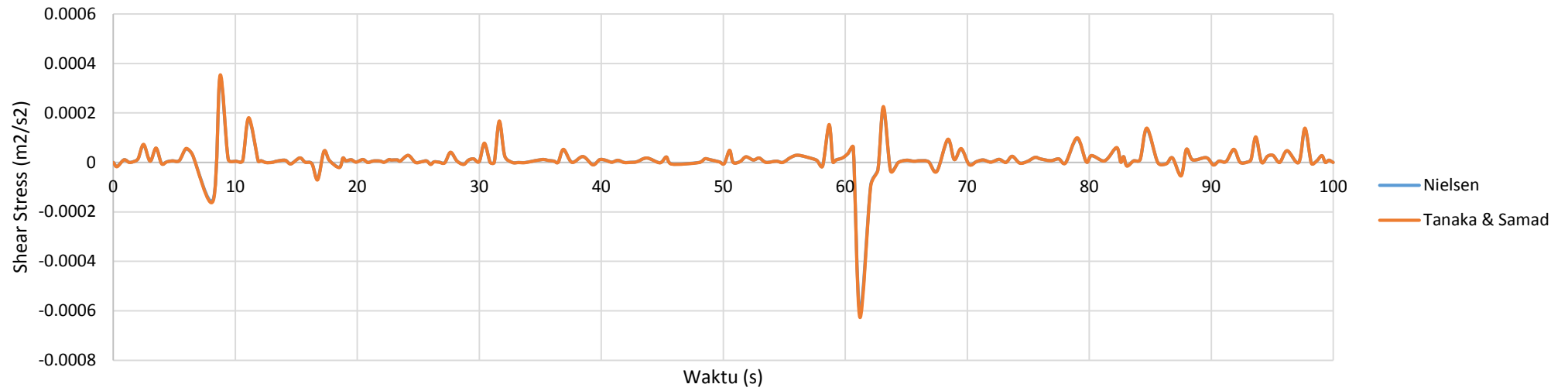
Bed Load J5



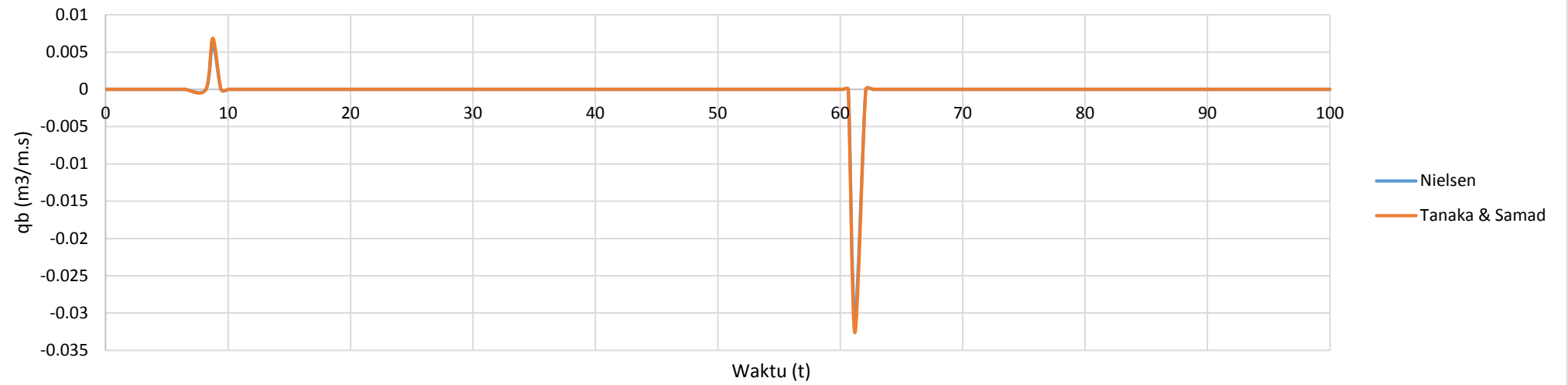
Orbital Velocity J6 (H6-T1.1-d35)



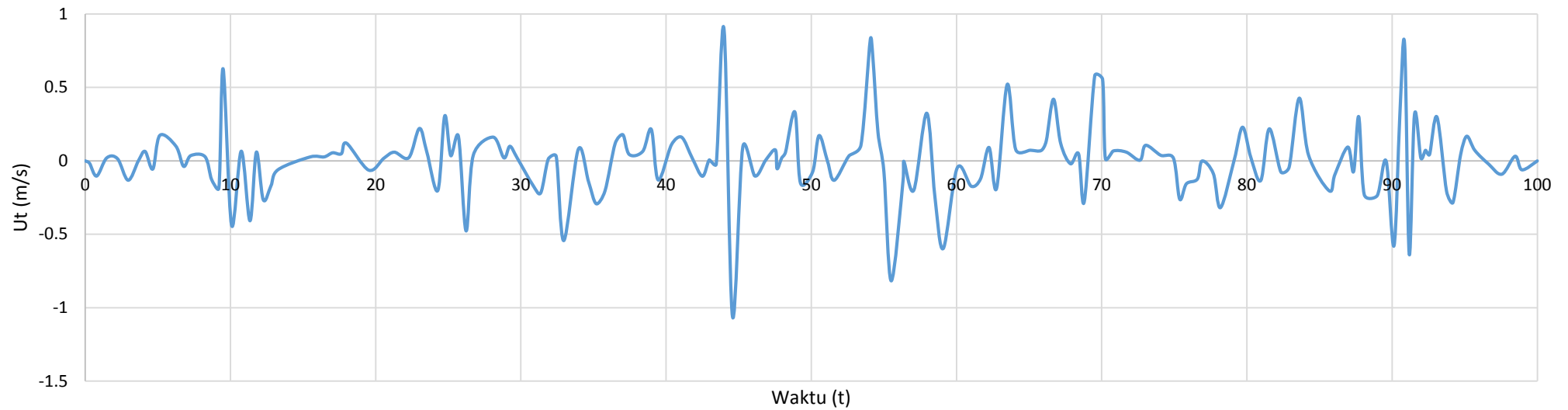
Shear Stress J6 (tho/rho)



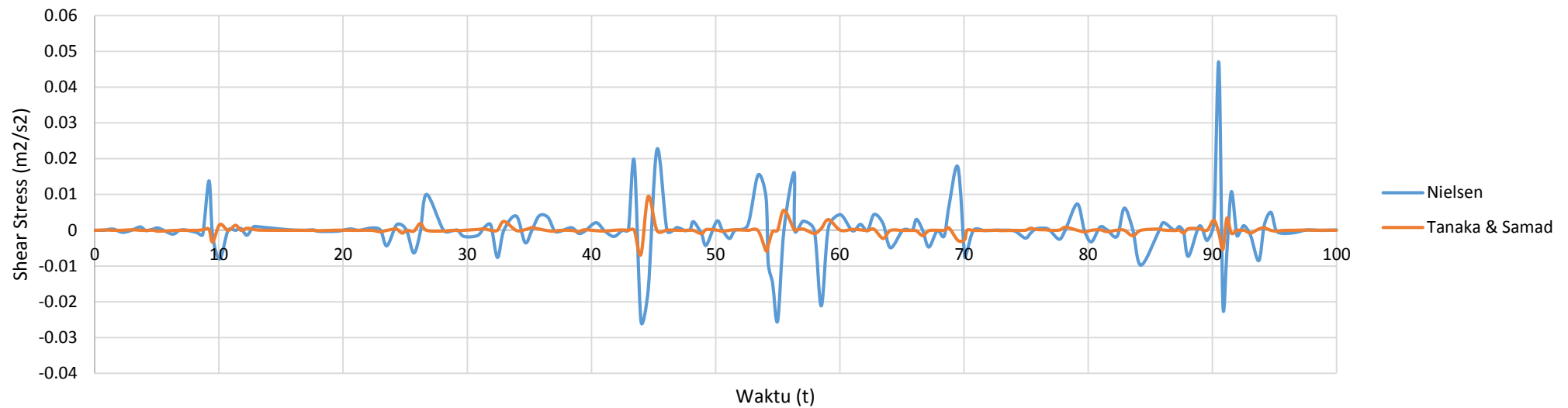
Bed Load



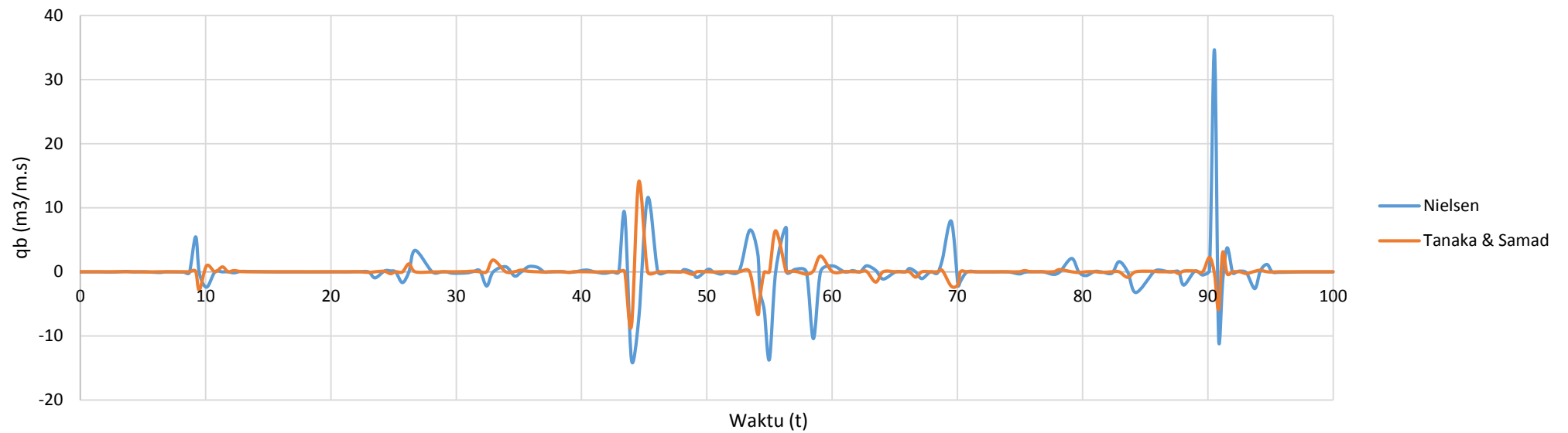
Orbital Velocity J7 (H4-T1.3-d40)



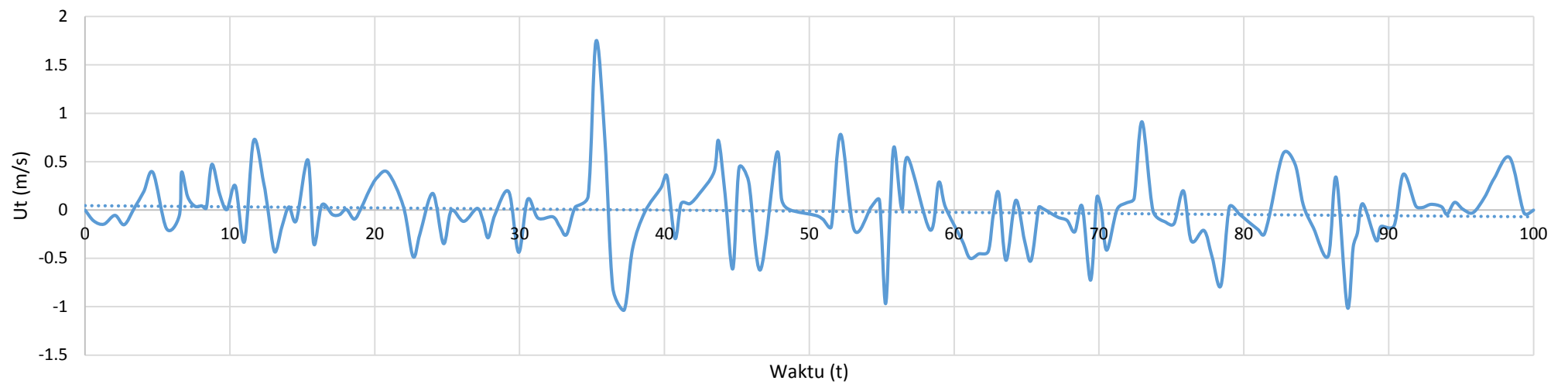
Shear Stress J7 (tho/rho)



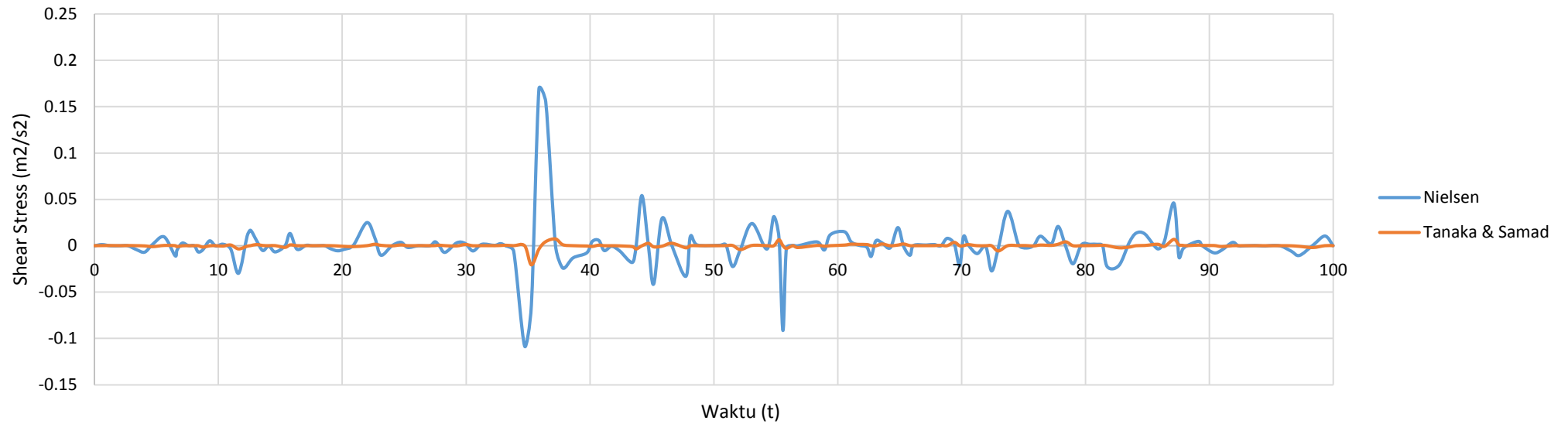
Bed Load J7



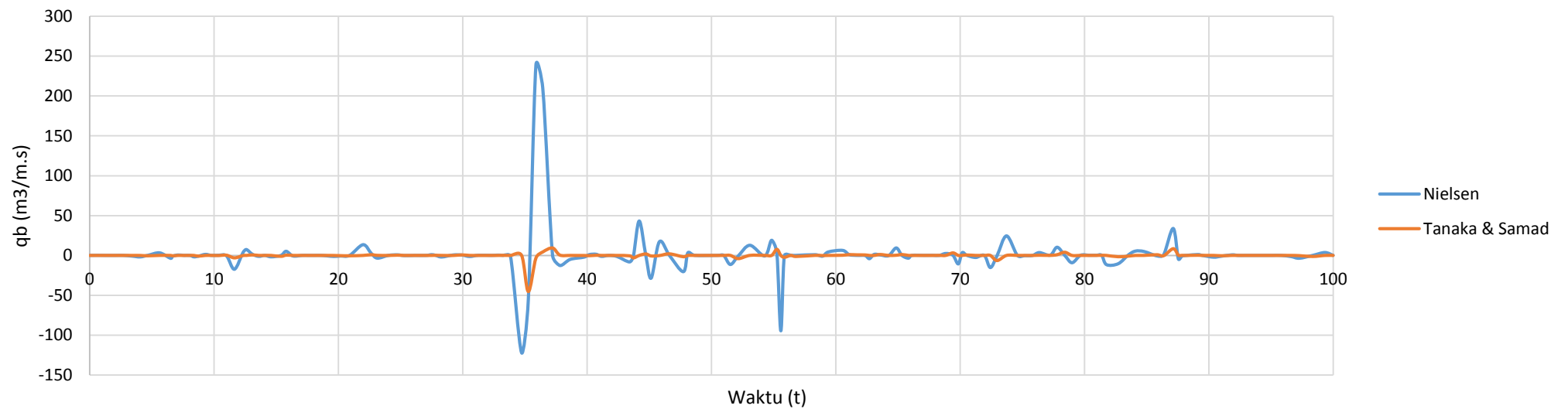
Orbital Velocity J8 (H5-T1.3-d40)



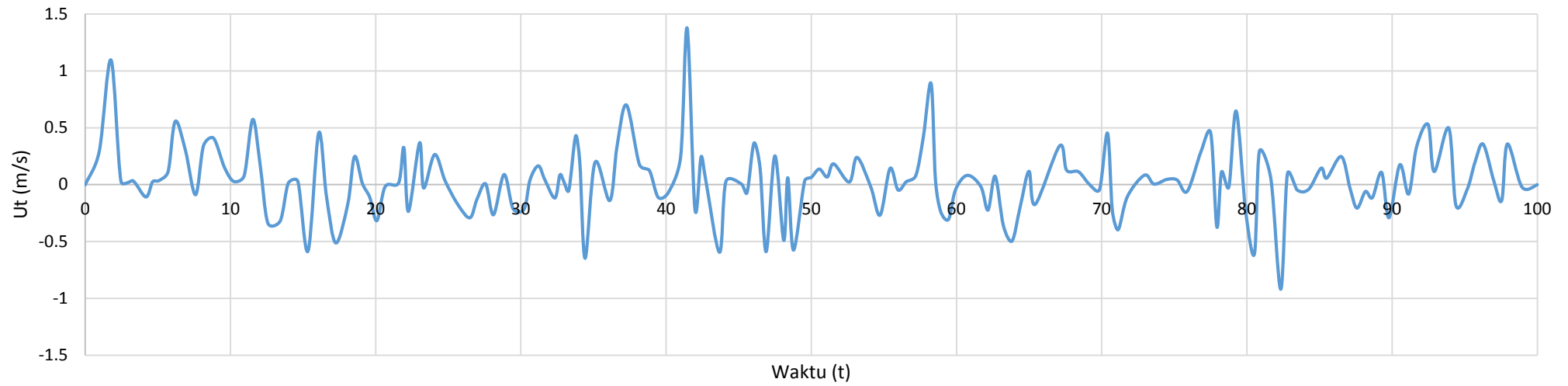
Shear Stress J8 (τ_{ho}/ρ)



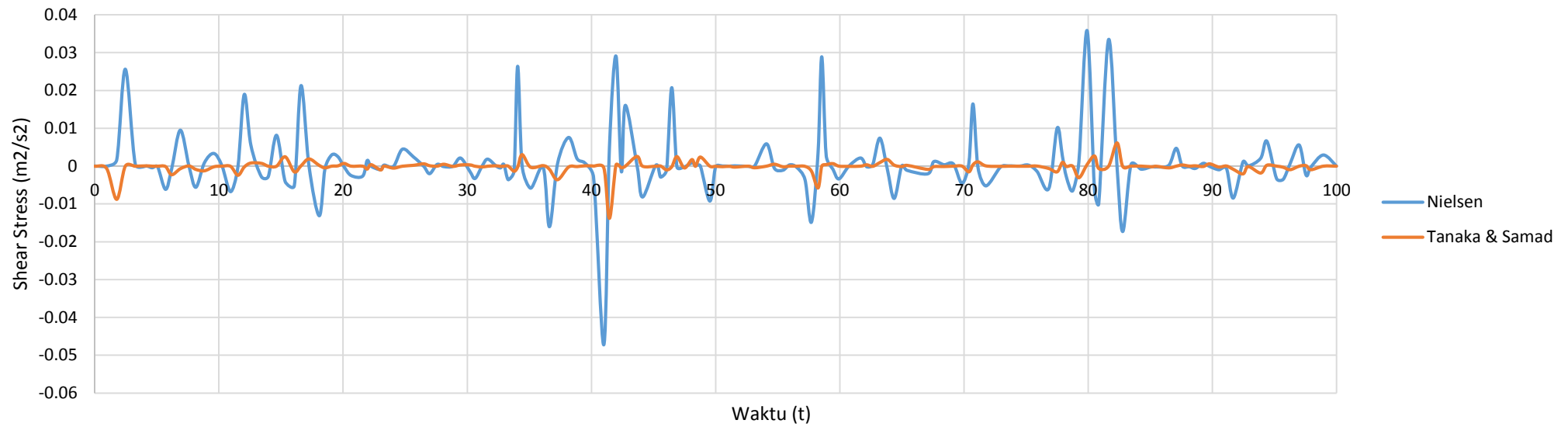
Bed Load J8



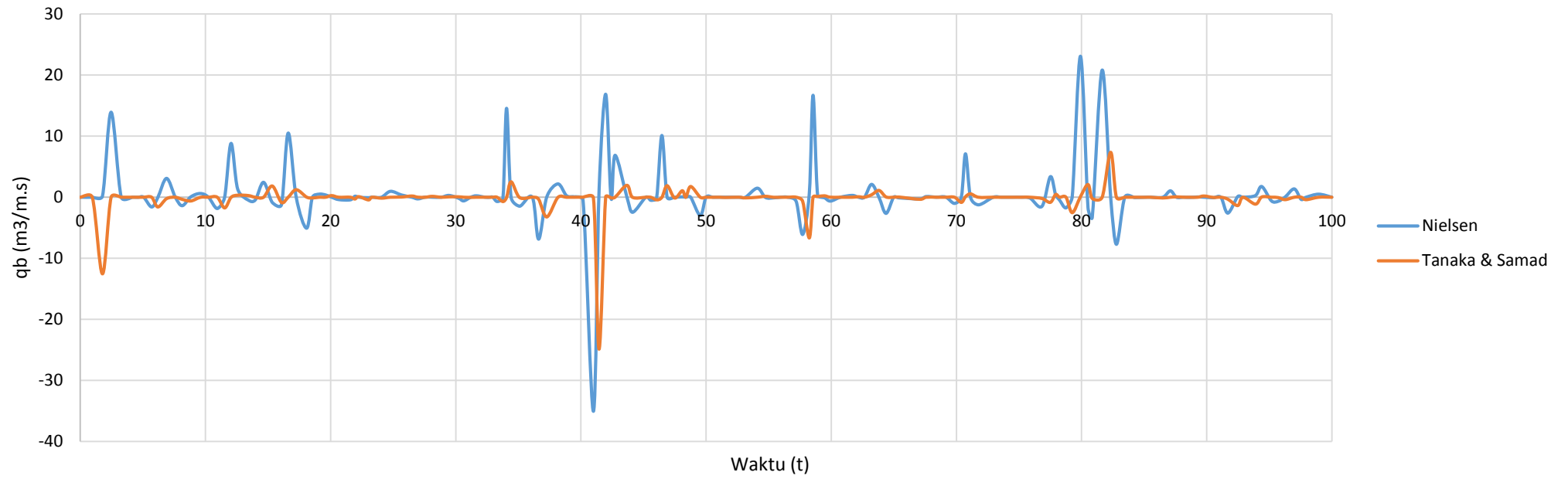
Orbital Velocity J9 (H6-T1.3-d40)



Shear Stress J9 (tho/rho)



Bed Load J9



BERAT PASIR TERTANGKAP

Densitas sedimen d_{50} 2650 kg/m³
 Increment 0.01 detik
 Durasi 100 detik
 Lebar 20 cm

ID		Berat Pasir Tertangkap (gr)		U _{1/3}	Durasi (s)	qb-net (m3/m.s)		
		Probe 2/ Timur	Probe 1/ Barat			Probe 2/ Timur	Probe 1/ Barat	Qb-net
J1	H4, T1.1, d40	1.6	1.4	0.272	100	0.01509	0.01321	0.01415
J2	H5, T1.1 d40	1.8	1.4	0.370	100	0.01698	0.01321	0.01509
J3	H6, T1.1 d40	2.1	2.7	0.288	100	0.01981	0.02547	0.02264
J4	H4, T1.1 d35	2.7	1.7	0.490	100	0.02547	0.01604	0.02075
J5	H5, T1.1 d35	6.3	3.1	0.542	100	0.05943	0.02925	0.04434
J6	H6, T1.1 d35	7.6	5.9	0.671	100	0.07170	0.05566	0.06368
J7	H4, T1.3 d40	1.6	2.5	0.378	100	0.01509	0.02358	0.01934
J8	H5, T1.3 d40	6.4	3	0.455	100	0.06038	0.02830	0.04434
J9	H6, T1.3 d40	8.1	3	0.542	100	0.07642	0.02830	0.05236

Perbandingan Hasil Perhitungan vs Eksperimen

ID		Kedalaman (m)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	$U_{1/3}$	t (s)	qb net (m ³ /(m.s))		
							Nielsen	Tanaka & Samad	Eksperimen
J1	H4, T1.1 d40	0.4	0.0895	1.396	0.272	100	0.0153	0.0386	0.0142
J2	H5, T1.1 d40	0.4	0.0975	1.461	0.288	100	0.0694	0.0710	0.0151
J3	H6, T1.1 d40	0.4	0.1272	1.504	0.370	100	0.0185	0.0154	0.0226
J4	H4, T1.1 d35	0.35	0.1454	1.280	0.490	100	0.0281	0.0362	0.0208
J5	H5, T1.1 d35	0.35	0.1509	1.460	0.542	100	0.062	0.0745	0.0443
J6	H6, T1.1 d35	0.35	0.1835	1.612	0.671	100	0.0843	0.0883	0.0637
J7	H4, T1.3 d40	0.4	0.1035	1.223	0.378	100	0.0467	0.0553	0.0193
J8	H5, T1.3 d40	0.4	0.1240	1.366	0.455	100	0.1048	0.1582	0.0443
J9	H6, T1.3 d40	0.4	0.1261	1.530	0.542	100	0.2007	0.2371	0.0524

BIODATA PENULIS



A. Haris Fattah lahir di Sidoarjo pada tanggal 10 Oktober 1991. Pendidikan formal penulis dimulai pada tahun 1998-2004 di TK-Muslimat (TKM) dan Madrasah Ibtidaiyah (MI) TANADA Waru, Sidoarjo. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di Madrasah Tsanawiyah (MTs) Unggulan Pondok Pesantren Amanatul Ummah Surabaya pada tahun 2004-2007. Selanjutnya pada tingkat menengah atas penulis lanjutkan di Madrasah Aliyah Negeri (MAN) Insan

Cendekia Serpong BSD dalam program beasiswa Departemen Agama RI pada tahun 2007-2010. Pada tahun 2010 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN. Selama kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan, pelatihan, dan organisasi serta kompetisi karya tulis ilmiah baik dalam lingkup intra maupun ekstra kampus. Penulis tercatat beberapa kali menjuarai karya tulis ilmiah dan menjadi pembicara dalam beberapa pelatihan mahasiswa. Selain itu, penulis juga tercatat sebagai penerima beasiswa PPSDMS Nurul Fikri Surabaya dan Sobat Bumi Pertamina Foundation periode 2012/2014. Pada tingkat akhir perkuliahan, penulis aktif sebagai Asisten Menteri Koordinator Pergerakan Muda Kabinet Muda Bersahabat BEM ITS periode 2013/2014. Tugas akhir penulis dedikasikan dalam bidang keahlian Rekayasa Pantai (*Coastal Engineering*).

Email: harisfattah@gmail.com